

**ANALISIS UNJUK KERJA MESIN *INTERNAL MIXER*
SKALA LABORATORIUM**

SKRIPSI

OLEH:

**JON WARISTON PURBA
NPM. 188130150**



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN
2023**

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 12/9/23

Access From (repository.uma.ac.id)12/9/23

HALAMAN JUDUL

ANALISIS UNJUK KERJA MESIN *INTERNAL MIXER* SKALA LABORATORIUM

SKRIPSI

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana
di Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik
Universitas Medan Area

Oleh:

JON WARISTON PURBA
NPM. 188130150

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN
2023

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 12/9/23

Access From (repository.uma.ac.id)12/9/23

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR/SKRIPSI/TESIS UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai civitas akademik Universitas Medan Area, saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Jon wariston Purba
NPM : 188130150
Fakultas : Teknik
Jenis Karya : Skripsi

Demi perkembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Medan Area Hak Bebas Royalti Noneksekutif (*Non-Eksklusif royal free right*) atas karya ilmiah yang berjudul "Analisis Unjuk Kerja Mesin Internal Mixer Skala Laboratorium" Beserta perangkat yang ada (jika di perlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksekutif ini Universitas Medan Area berhak menyimpan, mengalih media / format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan mempublikasikan skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis / pencipta dan sebagai pemilik hak cipta. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di: Medan
Tanggal : 10 Agustus 2023
Yang menyatakan :



Jon wariston Purba

HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI

Judul Proposal : Analisis Unjuk Kerja Mesin *Internal Mixer* Skala Laboratorium
Nama Mahasiswa : Jon wariston Purba
NIM : 188130150
Bidang Keahlian : Manufaktur

Disetujui Oleh
Komisi Pembimbing

(Dr. Iswandi ST., MT)
Pembimbing I

(Bobby Lintroh ST., MT)
Pembimbing II

DR. Rahmadsyah, S. Kom, M. Kom
Dekan

(Muhaimin Dohi, S.T., M.T.)
Dok. Teknik / WD I

Tanggal Lulus: 10 Agustus 2023

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 12/9/23

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

HALAMAN PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa skripsi yang saya susun, sebagai syarat memperoleh gelar sarjana merupakan hasil karya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan skripsi ini saya kutip dari hasil karya orang lain telah ditulis sumbernya dengan jelas sesuai dengan norma, kaidah, dan etika penulis ilmiah.

Saya bersedia menerima sanksi pencabutan gelar akademik yang saya peroleh dan sanksi-sanksi lainnya dengan peraturan yang berlaku apabila kemudian hari ditemukan adanya plagiat dalam skripsi ini.

Medan, 10 Agustus 2023



Jon wariston Purba

188130150

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

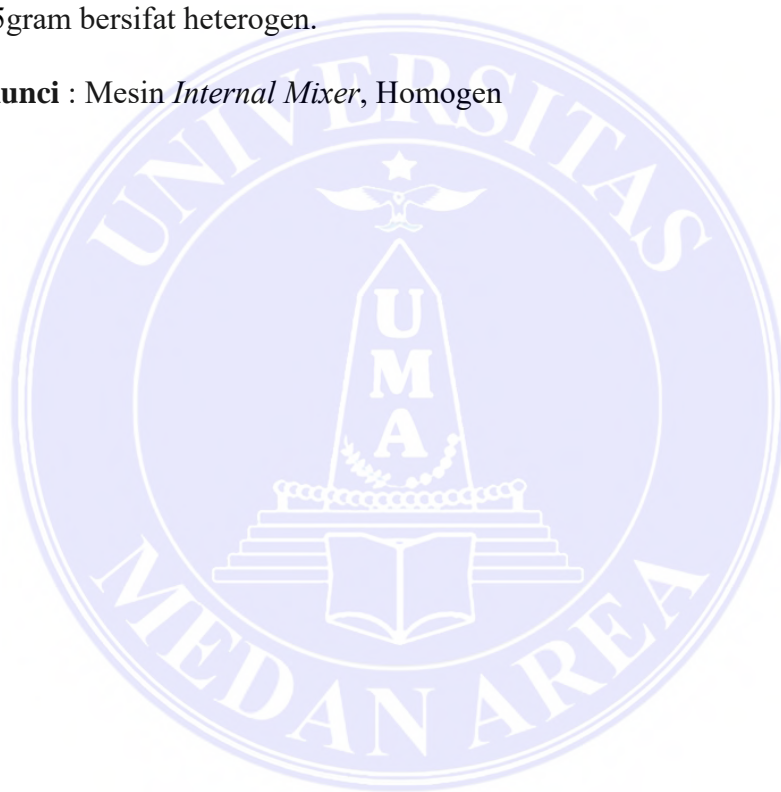
Document Accepted 12/9/23

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

ABSTRAK

Mesin *internal mixer* skala laboratorium adalah mesin pencampur karbon aktif 25gram dengan biji *Polypropylene* (PP)25gram, yang menggunakan tenaga motor listrik sebagai motor penggeraknya. Tujuan dari penelitian ini ialah untuk mencapai pencampuran yang homogen dan mengetahui bagaimana pengaruh suhu,putaran, dan waktu terhadap hasil pencampuran pada mesin *internal mixer* skala laboratorium. Proses penelitian ini dilakukan dengan cara menganalisis kinerja dari mesin *internal mixer* yang terdiri dari suhu pada barrel, putaran, dan waktu. Hasil dari penelitian ini adalah H_1 atau data bersifat heterogen karena dari hasil pengolahan data didapatkan F hitung sebesar 34,98 sedangkan F tabel sebesar 5,14. Maka F hitung > F tabel jadi pencampuran biji *Polypropylene* 25gram dan karbon aktif 25gram bersifat heterogen.

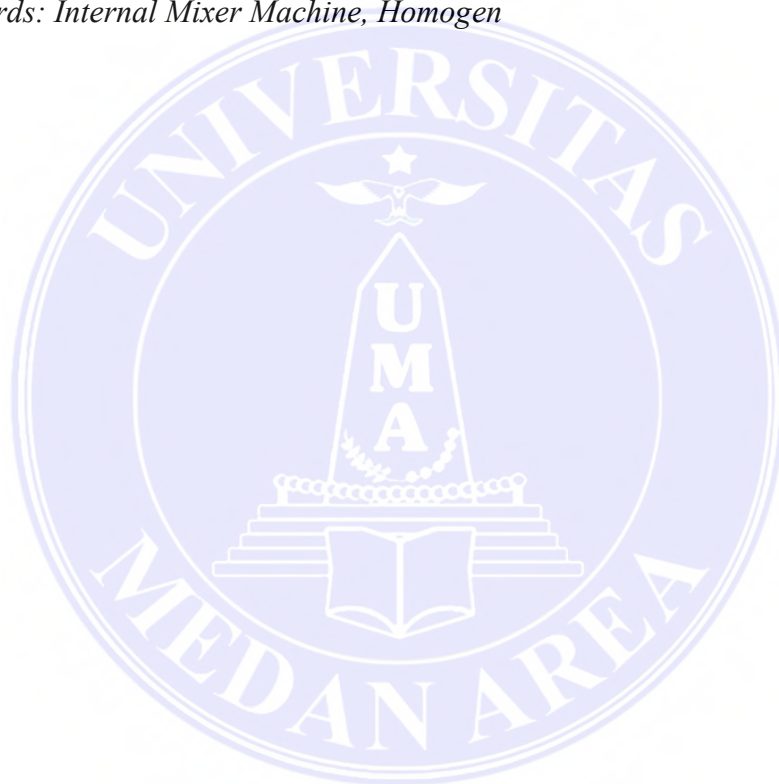
Kata kunci : Mesin *Internal Mixer*, Homogen



ABSTRACT

The laboratory-scale internal mixing machine is a mixing machine for 25 grams of activated carbon with 25 grams of polypropylene (PP) ore, which uses an electric motor as its driving force. The purpose of this research is to achieve homogeneous mixing and to find out how the influence of temperature, rotation, and time on the results of mixing in laboratory-scale internal mixer machines. The research process was carried out by analyzing the internal performance of the mixer machine which consisted of barrel temperature, rotation, and time. The results of this study are H_1 or heterogeneous data because the results of data processing obtained an F count of 34.98 while an F table of 5.14. Then F count $>$ F table, so that mixing 25 grams of propylene seed and 25 grams of activated carbon is heterogeneous.

Keywords: Internal Mixer Machine, Homogen



KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Kuasa atas segala karuniannya sehingga skripsi ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam penelitian ini ialah yaitu membuat material komposit dengan judul ANALISIS UNJUK KERJA MESIN *INTERNAL MIXER* SKALA LABORATORIUM.

Terima kasih penulis ucapkan kepada bapak Dr. Iswandi ST, MT dan Bapak Bobby Umroh ST, MT selaku dosen pembimbing saya yang telah banyak memberikan saran. Disamping kepada Bapak Dr. Rahmad syah, SKom., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Medan Area. Dan Kepada Bapak Muhammad Idris, ST, MT., Selaku Ketua Podi Teknik Mesin Universitas Medan Area yang telah membantu penulis selama melaksanakan penelitian. Ungkapan terimakasih juga kepada ayah, ibu serta seluruh keluarga serta segala doa dan perhatiannya.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir / skripsi ini masih memiliki kekurangan, oleh karena itu kritik dan saran yang bersifat membangun sangat penulis harapkan demi kesempurnaan tugas akhir/skripsi ini. Penulis berharap tugas akhir / skripsi ini dapat bermanfaat dalam kalangan Pendidikan maupun masyarakat. Akhir kata penulis ucapkan terima kasih.

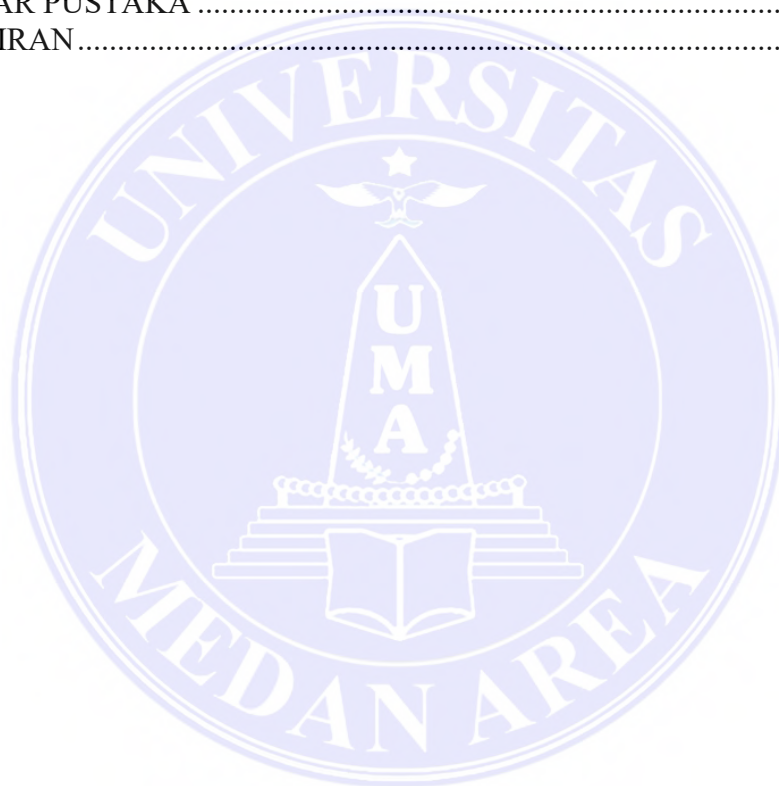
Penulis

Jon wariston Purba

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI.....	ii
HALAMAN PERNYATAAN.....	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH.....	v
ABSTRAK.....	vi
<i>ABSTRACT</i>	vii
RIWAYAT HIDUP.....	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR NOTASI.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Hipotesis Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Mesin Mixer.....	5
2.1.1 Mixer Horizontal.....	6
2.1.2 Mixer Vertikal.....	6
2.2 Mesin Internal Mixer Horizontal.....	7
2.2.1 Wadah Pengolahan.....	10
2.3 Elemen Pemanas.....	11
2.4 Pencampuran (<i>mixing</i>).....	11
2.4.1 Jenis-jenis Pencampuran.....	12
2.5 Pengertian Plastik.....	13
2.5.1 Jenis-jenis Plastik.....	14
2.6 Komposit.....	16
2.6.1 Komposit Partikel.....	16
2.6.2 Komposit Fiber.....	16
2.6.3 Komposit Struktural.....	18
2.7 Karbon Aktif.....	20
2.8 Metode Taghuchi.....	21
2.9 <i>Signal to Noise Ratio</i> (S/N).....	22
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	22
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian.....	22
3.2 Bahan dan Alat.....	22
3.2.1 Bahan.....	22
3.2.2 Alat.....	24
3.3 Metode Penelitian.....	28
3.3.1 Sistematika Penelitian.....	28
3.3.2 Parameter Pengukuran.....	29
3.4 Populasi Dan Sampel.....	32
3.5 Prosedur Kerja.....	32

3.5.1	Diagram Alir Penelitian.....	34
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		37
4.1	Hasil.....	37
4.1.1	Perubahan Suhu Pada <i>Temperature Heater</i> 200°C, 250°C, Dan 300°C	37
4.1.2	Hasil pengukuran <i>Pulley</i> dan poros mata pisau.....	38
4.2	Pembahasan	40
4.2.1	Pengolahan Data Dengan Metode Taguchi	40
4.2.2	Pengaruh Waktu Dalam Proses Pencampuran	48
4.2.3	Hasil pengujian <i>scanning electron microscope</i>	51
BAB V SIMPULAN DAN SARAN		55
5.1	Simpulan.....	55
5.2	Saran	55
DAFTAR PUSTAKA		57
LAMPIRAN.....		58



DAFTAR TABEL

Tabel 3.1. Jadwal Kegiatan Penelitian	24
Tabel 3.2. Spesifikasi <i>Tachometer</i>	26
Tabel 3.3. Spesifikasi <i>Stopwath</i>	27
Tabel 3.4. Populasi Dan Spesimen.....	32
Tabel 4.1. Percobaan Pencampuran Serbuk Karbon Aktif 50% Dengan Biji <i>Polypropylene</i> 50% Pada Suhu 200°C.....	35
Tabel 4.2. Percobaan Pencampuran Serbuk Karbon Aktif 50% Dengan Biji <i>Polypropylene</i> 50% Pada Suhu 250°C.....	36
Tabel 4.3. Percobaan Pencampuran Serbuk Karbon Aktif 50% Dengan Biji <i>Polypropylene</i> 50% Pada Suhu 300°C.....	36
Tabel 4.4. Hasil Analisis Perhitungan Putaran Pada Mesin <i>Internal Mixer</i>	40
Tabel 4.5. Jumlah Faktor Dan Level Pada Percobaan Taguchi	40
Tabel 4.6. Variabel (3^4)	40
Tabel 4.8. Tabel hasil SNR dan Mean	41
Tabel 4.9. <i>Response Table For Signal To Noise Ratios</i>	41
Tabel 4.10. Respon Tabel <i>For Mean</i>	43
Tabel 4.11. <i>Analisis Of Variance</i>	43
Tabel 4.12. Hasil Pada Proses Pencampuran	49
Tabel 4.13. Informasi Faktor.....	49

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.	Mesin Mixer Horizontal	6
Gambar 2.2.	Mesin Mixer Vertikal.....	7
Gambar 2.3.	<i>Mixer Internal Kontinu Rotor Stoker</i>	10
Gambar 2.4.	Wadah Pengolahan	10
Gambar 2.5.	Skema Pola Pencampuran	12
Gambar 2.6.	Karbon Aktif	21
Gambar 3.1.	Serbuk Karbon Aktif.....	23
Gambar 3.2.	Biji Plastik Polipropilen.....	24
Gambar 3.3.	Mesin <i>Internal Mixer Skala</i> Laboratorium	24
Gambar 3.4.	Timbangan SF-400.....	25
Gambar 3.5.	<i>Tachometer</i>	26
Gambar 3.6.	<i>Stopwacht</i>	27
Gambar 3.7.	<i>Thermocouple</i>	27
Gambar 3.8.	<i>Scanning Electron Microscop</i>	28
Gambar 3.9.	<i>Pulley</i> motor listrik	30
Gambar 3.10.	<i>Pulley</i> Gearbox.....	30
Gambar 3.11.	Poros Mata Pisau Pertama	31
Gambar 3.12.	Poros Mata Pisau Kedua	31
Gambar 3.13.	Diagram Penelitian.....	34
Gambar 4.1.	<i>Pulley</i> Motor Penggerak	39
Gambar 4.2.	<i>Pulley</i> Gearbox.....	39
Gambar 4.3.	Poros Mata Pisau Pertama	39
Gambar 4.4.	Poros Mata Pisau Kedua	40
Gambar 4.5.	<i>Plot For SNR Ratios</i>	42
Gambar 4.6.	<i>Pareto Chart Of The Standartzed Effects</i>	43
Gambar 4.7.	<i>Normal Probality Plot</i>	44
Gambar 4.8.	Grafik Perbandingan Pada Parameter Pertama	46
Gambar 4.9.	Grafik Pengadukan Pada Parameter Kedua	47
Gambar 4.10.	Grafik Perbandingan Pada Parameter Ketiga.....	48
Gambar 4.11.	<i>Internal plot of waktu vs hasil</i>	50
Gambar 4.12.	sampel parameter 1 x500.....	52
Gambar 4.13.	sampel parameter 2 x500.....	53
Gambar 4.14.	sampel parameter 3 x500.....	53

DAFTAR NOTASI

n	=	banyaknya ulangan dalam tiap eksperimen
y	=	nilai pada setiap <i>run</i>
μ	=	rata-rata dari setiap <i>run</i>
σ^2	=	deviasi dari setiap <i>run</i>



DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN 1 Titik persentase distribusi F untuk probabilita.....	58
LAMPIRAN 2 Gambar hasil pengujian Sanning Electron Microscopy.....	59



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Mesin mixer peralatan yang sangat penting yang digunakan pada proses pencampuran dua atau lebih material dalam suatu industri yang berbahan dasar thermoplastik dan serbuk (*powder*). Bahan jenis serbuk dapat dicampur menggunakan *mixer* statis yang lebih murah dalam penggunaan serta mudah dalam pemasangan. Proses pencampuran dimaksudkan untuk mendapatkan suatu campuran homogen dari beberapa material baik *liquid/solid*(pasta) atau *solid/solid*. Kehomogenan suatu campuran dipengaruhi berbagai faktor, diantaranya ukuran partikel yang lebih seragam akan menghasilkan kehomogenan yang lebih baik dibandingkan ukuran yang tidak seragam.

Keberhasilan suatu proses pengolahan sering sekali tergantung pada efektifnya pengadukan dan pencampuran material dalam proses itu, pengadukan menuju pada gerakan yang terinduksi menurut cara tertentu pada suatu bahan dalam suatu bejana atau wadah, dimana Gerakan itu mempunyai pola sirkulasi. Tujuan dari proses pencampuran yaitu mengurangi ketidaksamaan atau ketidakrataan dalam komposisi, temperature atau sifat-sifat lain yang terdapat dalam suatu bahan atau terjadinya homogenisasi, kebersamaan dalam setiap titik dalam pencampuran. Dampak dari hasil pencampuran adalah terjadinya homogenitas, kebersamaan dalam setiap titik dalam pencampuran.

Dampak dari hasil pencampuran adalah terjadinya keadaan serba sama, terjadinya reaksi kimia, terjadinya perpindahan panas, dan perpindahan massa. Dan

dampak tersebut merupakan tujuan akhir dari suatu proses pencampuran. Dalam praktek, operasi *mixing* hampir selalu mempunyai multi fungsi yaitu ketika proses dilakukan di dalam tangki berpengaduk mekanis, pengaduk menjalankan banyak tugas, sebagaicontoh dalam tangki kristalisasi harus memperhatikan *bulk blending*, *heattransfer* dan *suspense* kristal. (academia).

Proses pencampuran dua bahan atau lebih sangat dipengaruhi oleh beberapa parameter proses seperti kecepatan pengadukan, komposisi dan temperatur. Kecepatan sebagai parameter pengadukan mempengaruhi sifat mekanik bahan. Selain kecepatan pengadukan untuk beberapa bahan seperti beton, waktu pengadukan yang lebih lama terbukti mengurangi kuat tekan bahan (A.Hamis,Suprianto,2015).

Apabila kualitas pencampuran diukur menggunakan metode lama maka karakteristik fisik campuran seperti destinasi, berat partikel, dan ukuran komponen dapat digunakan untuk mengukur kehomogenan pencampuran yang telah mendapatkan perubahan kualitas campuran selama proses *mixing*. Pada sistembutiran terlihat jumlah butiran yang paling banyak memperlihatkan kulaitas campuran yang kurang baik sedangkan jumlah komponen yang lebih sedikit akan lebih baik.

Dari pertimbangan diatas maka penulis akan membangun sebuah Mesin *Internal Mixer* Skala Laboratorium yang bertujuan untuk mempermudah pelaku UKM dalam memproses pencampuran komposit agar tenaga dan waktu yang digunakan lebih cepat dan efisien. Potensi yang dapat dilihat dari pembuatan alat ini adalah memiliki nilai homogenitas yang tinggi.

Berdasarkan latar belakang diatas maka penulis ingin mengangkat judul

penelitian “ Analisis Unjuk Kerja Mesin *Internal Mixer* Skala Laboratorium”.

1.2 Perumusan Masalah

Adapun indenstifikasi dan rumusan masalah dalam penelitian ini yaitu sebagai berikut

- a) Bagaimana spesifikasi desain mesin mixer horizontal Skala Laboratorium?
- b) Bagaimana Langkah-langkah kerja pada mesin mixer horizontal skala laboratorium?
- c) Bagaimana membangun mesin internal mixer pengaduk *Polypropylene* yang memiliki efisien dalam tempat serta dalam pemanfaatannya?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut :

- a) Menganalisis pengaruh waktu terhadap distribusi partikel karbon aktif pada komposit dengan menggunakan metode thaguci.
- b) Mengetahui homogenitas dari hasil pencampuran distribusi karbon aktif dan biji *Polypropylene*.

1.4 Hipotetis Penelitian

Berdasarkan rumusuan masalah dan tujuan penelitian adapun hipotetis dari penelitian ini ialah dugaan hasil pencampuran pada mesin *internal mixer* skala laboratorium tidak homogen.

H_0 = data bersifat homogen

H_1 = data bersifat heterogen

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian analisis unjuk kerja mesin *internal mixer*

skala laboratorium ini adalah sebagai berikut:

- a) Mengetahui homogenitas dari pencampuran yang dihasilkan oleh mesin *internal mixer* skala laboratorium.
- b) Memberikan pengetahuan serta pemahaman khususnya didalam bidang unjuk kerja mesin *internal mixer* skala laboratorium.
- c) Menyelesaikan perkuliahaan bagi penulis



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Mesin Mixer

Mesin mixer adalah mesin pengaduk dari berbagai jenis mesin pengaduk yang digunakan untuk mencampur berbagai jenis material, penggunaannya dibidang pindustri maupun penelitian. Seperti penggunaan mesin mixer internal atau dua buah rol pada proses pembuatan komposit yang masih bisa menimbulkan resiko degradasi terhadap komposit itu sendiri, namun hal ini dapat diperbaiki dengan dengan melakukan metode *melt-mixing* pada material (Syugito,2015).

Proses pencampuran dua atau lebih material sangat dipengaruhi oleh beberapa parameter proses seperti kecepatan pengadukan, komposisi maupun temperatur. Kecepatan sebagai salah satu parameter pengadukan akan mempengaruhi sifat mekanik material. Selain kecepatan pengadukan pada beberapa material seperti concrete memperlihatkan bahwa waktu pengadukan akan yang lebih lama mengakibatkan penurunan terhadap kekuatan kompresi material (A.Hasami,Suprianto,2015).

Kecepatan adalah salah satu parameter pengadukan yang akan mempengaruhi sifat material seperti kecepatan putaran pengaduk bisa memberikan gambaran mengenai pola aliran yang dihasilkan dan daya listrik yang dibutuhkan dalam proses pengadukan dan pencampuran. Secara umum klasifikasi kecepatan putaran pengaduk dibagi tiga, yaitu : kecepatan putaran rendah, sedang dan tinggi. Variasi putaran ini akan mempengaruhi kualitas pencampuran material yang diperoleh (academia). Mixer terbagi atas dua jenis yaitu :

2.1.1 Mixer Horizontal

Mixer horizontal adalah mixer pengaduk dengan posisi poros pengaduk yang terpasang secara horizontal pada bagian tengah wadah mixer tersebut dan memiliki sistem pengaduk yang sangat bermacam-macam sesuai dengan kebutuhan serta fungsi dari mixer tersebut. Pada proses pengadukan dimesin mixer horizontal ketiak poros dan pengaduk berputar akan menyebabkan material teraduk didalam wadah dimana alur pengaduk akan berputar berlawanan arah antara alur dalam dan alur luar. Pengadukan mixer horizontal kita bisa mendapatkan hasil yang lebih maksimal dan optimal karena pengaduk terpasang secara horizontal dan memiliki pengaduk *double thread*. Proses pencampuran yang turbulensi itu akan menyebabkan beberapa bahan akan menyatu. Gambar mixer horizontal dapat kita lihat pada gambar 2.1 di bawah ini (Andika Aryudha).



Gambar 2.1. Mesin Mixer Horizontal

2.1.2 Mixer Vertikal

Mixer Vertikal ialah merupakan suatu mesin yang memiliki kegunaan sebagai pengaduk atau mencampur adonan kering pada suatu produk. dengan memakai mesin mixer vertikal ini proses pengadukan dan pencampuran adonan akan lebih mudah, selain itu bahan-bahan yang diaduk dapat tercampur secara merata. Mesin ini dapat anda gunakan untuk mencampur serta mengaduk adonan

kering produk pertanian seperti pelet, kompos, dan lain sebagainya. Gambar mixer vertikal dapat dilihat pada gambar 2.2 dibawah ini (Andika Aryudha).



Gambar 2.2. Mesin Mixer Vertikal

2.2 Mesin Internal Mixer Horizontal

Sebuah mixer internal biasanya terdiri dari dua rotor tertutup dalam ruang pencampuran. Salah satu desain yang paling banyak digunakan adalah Banbury®. Dalam desain ini, rotor massif.

1. Berputar ke arah satu sama lain dengan kecepatan yang sedikit berbeda. Setiap rotor memiliki sudu yang memanjang sepanjang rotor secara kasar dalam bentuk spiral. Setiap rotor diberi inti untuk memungkinkan pendinginan atau pemanasan dengan melewatkan air atau bahan pemanas yang sesuai.
2. Ruang pencampuran juga dapat didinginkan atau dipanaskan dengan menggunakan semprotan
3. Bahan yang akan dicampur dimasukkan ke dalam ruang pencampuran melalui *feed hopper*. Beban mengambang dioperasikan oleh udara tekan dan diletakkan di atas umpan, berfungsi untuk membatasi material ke ruang pencampuran dan memberikan tekanan padanya. Bahan campuran dikeluarkan dengan mekanisme pelepasan geser (yang ditunjukkan dalam ilustrasi ini).
4. Sadel di antara rotor, yang dipasang pada mekanisme geser, meluncur dari bawah rotor, meninggalkan lubang di mana campuran keluar. Mesin yang lebih

baru menggunakan pintu *drop* untuk pembuangan kompon campuran, yang menjamin pelepasan lebih cepat yang pada gilirannya meningkatkan kapasitas pencampuran peralatan dengan memperpendek siklus pencampuran. *Batch* campuran selalu dijatuhkan ke pabrik dua rol atau ke ekstruder sekrup tunggal atau kembar besar untuk mendinginkan sebagian dan mengubahnya menjadi bentuk yang diinginkan untuk diproses lebih lanjut, seperti lembaran, pelet, atau potongan (Jiri George Drobny,2014).

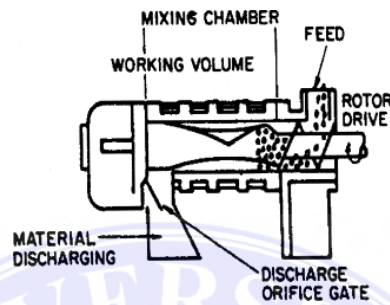
Garis peracikan jatuh ke dalam dua kategori besar: sistem *batch* dan kontinu. *Mixer batch* yang umum digunakan adalah mixer internal intensitas tinggi Banbury Ini terdiri dari ruang berbentuk angka delapan dengan dua rotor yang berputar dalam arah berlawanan arah. Bahan yang akan dicampur diumpukan melalui pintu *hopper* dan kemudian didorong ke dalam ruang pencampuran dengan menggunakan *pneumatic plunger*. Pencampuran dispersif terjadi di daerah geser tinggi antara rotor dan dinding. Pencampuran distributif terjadi sebagai bahan dipindahkan bolak-balik antara rotor. Setelah dicampur, bahan dibuang sebagai tetesan cair besar melalui pintu di bagian bawah mesin menjadi penggilingan dua rol untuk diubah menjadi bentuk seperti pita, yang lebih mudah ditangani. *Mixer batch* memungkinkan kontrol waktu tinggal, laju geser, dan suhu. Penerjemahan langsung kinerja ke sistem berkelanjutan terkadang sulit.

Berbagai konfigurasi pencampur leleh digunakan pada tahap pertama. Pengekstrusi roda gigi planet terdiri dari sekrup tunggal yang berubah setelah panjang tertentu menjadi roda gigi heliks, Sekrup planet bergigi digerakkan oleh sekrup utama, yang menyatu dengannya. Mereka juga saling bertautan dengan laras bergigi internal tetap dan dipertahankan dalam sistem *roller planet* dengan cincin

penghenti di sisi outlet. Mereka digunakan terutama untuk peracikan formulasi PVC. Mixer kontinyu rotor kembar adalah pengembangan berdasarkan mixer Banbury stasioner. Mereka juga dikenal sebagai mixer fluxing intensitas tinggi terus menerus atau mixer terus menerus Farrel. Premix terus menerus diumpankan dari *hopper* umpan ke bagian pertama dari rotor, yang bertindak sebagai *konveyor* umpan, mendorong material ke bagian pencampuran.

Bagian pencampuran terdiri dari rotor tipe Banbury yang ditempatkan di ruang pencampuran lubang kembar yang pas. Di sini material mengalami geser intensif antara bilah rotor tangensial corotating dan dinding ruang pencampuran. Ada juga aksi rolling material saat bergerak maju mundur di antara lubang ruang pencampuran. Mixer kontinyu dan *ekstruder cross-head* telah digabungkan secara tertutup dengan menggunakan potongan transisi pendek yang dipanaskan. Bagian transisi ini menghilangkan kebutuhan akan lubang pelepasan yang dapat disesuaikan yang sebelumnya digunakan untuk mengontrol tekanan balik dan pencampuran. Karena keserbagunaannya yang luar biasa, mereka digunakan untuk menggabungkan semua jenis senyawa termoplastik. Pengekstrusi sekrup kembar, seperti yang dibahas di bagian sebelumnya, menawarkan sejumlah keunggulan termasuk ekonomi daya tinggi, keserbagunaan yang lebih besar, kontrol riwayat geser dan suhu yang lebih dekat, dan pemuatan aditif yang lebih tinggi. Sekrup penyeka otomatis dengan elemen pencampur (yaitu elemen pengaduk) paling sering digunakan untuk operasi peracikan. Bahan dipindahkan bolak-balik antara sekrup di jalur angka delapan saat bergerak ke bawah laras. Selain geser, material mengalami deformasi ekstensional yang tinggi di daerah antara ujung elemen pengaduk dan permukaan elemen yang berlawanan. Tindakan menguleni

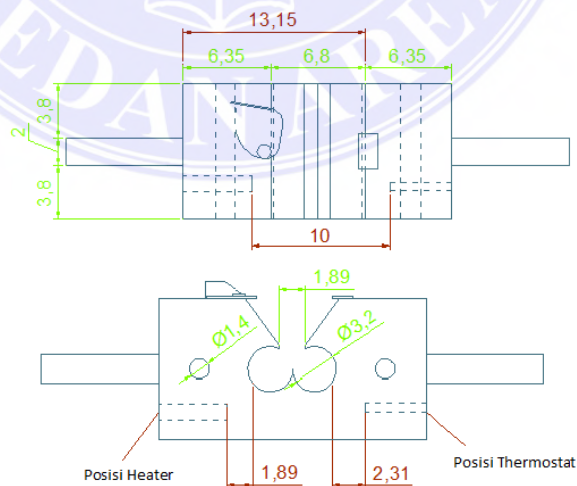
diterapkan pada bahan yang diregangkan dan dilipat terus menerus. Meskipun pencampuran dapat terjadi dalam ekstruder ulir kembar *counterrotating*, ini terutama bergantung pada geser untuk membubarkan dan mendistribusikan *aditif* dan, karenanya, tidak seefisien perangkat *corotating* (Donald G. Baird,2003).



Gambar 2.3. Mixer internal kontinu rotor kembar

2.2.1 Wadah Pengolahan

Wadah pengolahan pada mesin *internal mixer* dibentuk oleh dua setengah ruang yang saling berhubungan dan berpusat pada sumbu setengah ruang. Rotor yang dibentuk oleh salah satu sayap heliks berputar kearah yang berlawanan, sehingga akan mendapatkan tekanan pada saat proses pengolahan terjadi. Gambar wadah pengolahan dapat di lihat pada gambar 2.4. dibawah ini.



Gambar 2.4. Wadah pengolahan

2.3 Elemen Pemanas

Elemen pemanas listrik merupakan mesin yang mengubah energi listrik menjadi energi panas melalui proses *Joule Heating*. Prinsip kerja elemen panas adalah arus listrik yang mengalir pada elemen menjumpai resistansinya, sehingga menghasilkan panas pada elemen (Syugito,2015). Pembuatan elemen pemanas harus memenuhi beberapa persyaratan antara lain :

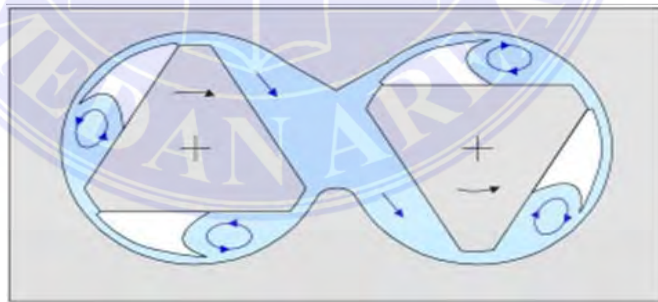
- 1) Harus tahan lama pada suhu yang dikehendaki, Sifat mekanisnya harus kuat pada suhu yang dikehendaki, Koefisien muai harus kecil, sehingga perubahan bentuknya pada suhu yang dikehendaki tidak terlalu besar, Tahanan jenisnya harus tinggi, Koefisien suhunya
- 2) Harus kecil, sehingga arus kerjanya sedapat mungkin konstan. *Trip heater* adalah elemen pemanas yang terbuat dari kumparan kawat/pita bertahanan listrik tinggi yang kemudian dilapisi oleh isolator tahan panas dan pada bagian luar dilapisi oleh plat logam berbahan kuningan, aluminium ataupun stainless steel yang kemudian dibentuk menjadi lempengan heater berbentuk *strepe* (Syugito, 2015).

2.4 Pencampuran (mixing)

Pencampuran (*mixing*) adalah proses yang menyebabkan tercampurnya bahan ke bahan lain dimana bahan tersebut terpisah dalam fasa yang berbeda,dalam kimia, suatu pencampuran (*mixing*) adalah sebuah zat yang dibuat dengan mengabungkan dua zat atau lebih yang berbeda tanpa reaksi kimia yang terjadi,sementara tidak ada perubahan fisik dalam suatu pencampuran, sifat kimia suatu pencam puran seperti titik lelehnya dapat menyimpang dari komponennya. Pencampuran dipisahkan menjadi komponen aslinya secara mekanis. Pencampuran

dapat bersifat homogen atau *heterogeny* (academia).

Tujuan dari proses pencampuran yaitu mengurangi ketidak samaan atau ketidak rataan dalam komposisi, temperature atau sifat-sifat lain yang terdapat dalam suatu bahan atau terjadinya homogenisasi, kebersamaan dalam setiap titik dalam pencampuran. Dampak dari hasil pencampuran adalah terjadinya homogenitas, kebersamaan dalam setiap titik dalam pencampuran. Dampak dari hasil pencampuran adalah terjadinya keadaan serba sama, terjadinya reaksi kimia, terjadinya perpindahan panas, dan perpindahan massa. Dan dampak tersebut merupakan tujuan akhir dari suatu proses pencampuran. Dalam praktek, operasi mixing hampir selalu mempunyai multi fungsi yaitu ketika proses dilakukan di dalam tangki berpengaduk mekanis, pengaduk menjalankan banyak tugas, sebagai contoh dalam tangki kristalisasi harus memperhatikan *bulk blending*, *heattransfer* dan suspense kristal (academia). Skema pola pencampuran dapat dilihat pada gambar 2.5 dibawah ini.



Gambar 2.5. Skema Pola Pencampuran

2.4.1 Jenis-jenis Pencampuran

Adapun jenis-jenis pencampuran yang digunakan pada proses mixing yaitu sebagai berikut :

a. Pencampuran bahan padat-padat

Pencampuran dua bahan padat atau lebih banyak dijumpai yang akan menghasilkan produk komersial industry kimia. Contohnya pencampuran bahan pewarna dengan bahan pewarna lainnya, atau dengan bahan pendamping lainnya untuk menghasilkan nuansa warna yang diinginkan. Alat yang digunakan untuk pencampuran bahan padat dengan padat dapat berupa wadah yang berputar, atau wadah yang berkedudukan tetap tetapi mempunyai perlengkapan untuk mencampur dengan cara kerja berputar atau pneumatik(academia).

b. Pencampuran bahan carian dan gas

Untuk proses kimia dan fisika tentunya gas akan dimasukkan kedalam cairan, artinya cairan dicampur secara sempurna dengan bahan-bahan berbentuk gas. Contoh pada proses hidrogenasi, khorinasi dan fosfogensi, Oksidasi cairan oleh udara (fermentasi, memasukkan udara kedalam lumpur dalam instalasi penjernih biologis)

c. Pencampuran bahan cair-padat

Pada persiapan atau pelaksanaan proses kimia dan fisika serta juga pada pembuatan produk akhir komersial, seringkali cairan harus dicampur dengan bahan padat. Pencampuran cairan dengan padatan akan menghasilkan suspensi. Tetapi bila kelarutan padatan dalam cairan tersebut cukup besar akan terbentuk larutan. Pelarutan adalah suatu proses mencampurkan bahan padat kedalam cairan.

2.5 Pengertian Plastik

Plastik adalah polimer rantai-panjang dari atom yang mengikat satu sama lain. Rantai ini membentuk banyak unit molekul berulang atau monomer. Sejarahnya, tahun pada 1920 *Wallace Hume Carothers*, ahli kimia lulusan

Universitas Harvard, mengembangkan *nylon* yang pada waktu itu disebut Fiber 66. Pada tahun 1940-an *nylon*, *acrylic*, *polyethylene*, dan polimer lainnya digunakan untuk menggantikan bahan-bahan alami yang waktu itu semakin berkurang. Inovasi lainnya dalam plastik yaitu penemuan *polyvinyl chloride* (PVC). Ketika mencoba untuk melekatkan karet dan metal, Waldo Semon, seorang ahli kimia di perusahaan ban B.F. Goodrich menemukan PVC. Sedangkan pada tahun 1933 *Ralph Wiley*, seorang pekerja lab di perusahaan kimia Dow secara tidak sengaja menemukan plastik jenis lain yaitu *polyvinylidene chloride* atau populer dengan sebutan saran dan pada tahun yang sama, dua orang ahli kimia organik bernama E.W. Fawcett dan R.O. Gibson yang bekerja di *Imperial Chemical Industries Research Laboratory* menemukan *polyethylene*. pada tahun 1938 seorang ahli kimia bernama Roy Plunkett menemukan teflon (I.Bauman,2001)

Polimer atau kadang-kadang disebut sebagai makromolekul, adalah molekul besar yang dibangun oleh pengulangan kesatuan kimia yang kecil dan sederhana. Kesatuan-kesatuan berulang itu setara dengan monomer, yaitu bahan dasar pembuat polimer. Akibatnya molekul-molekul polimer umumnya mempunyai massa molekul yang sangat besar. Sebagai contoh, polimer poli (feniletena) mempunyai harga rata-rata massa molekul mendekati 300.000. Hal ini yang menyebabkan polimer tinggi memperlihatkan sifat sangat berbeda dari polimer bermassa molekul rendah, sekalipun susunan kedua jenis polimer itu sama. (Hibbeler, R.C,2005). Adapun klasifikasi polimer berdasarkan ketahanan terhadap panas dibedakan menjadi dua, yaitu sebagai berikut :

2.5.1 Jenis-jenis Plastik

Adapun jenis-jenis plastik antara lain sebagai berikut:

1) Polimer Termoplastik

Termoplastik adalah plastik yang dapat didaur ulang, misalnya dilebur dan dialirkan sehingga dapat dibentuk kembali atau dibekukan setelah perlakuan panas dihentikan. Adapun jenis-jenis polimer thermos plastik aialah :

- a) polisterene (PS).
- b) polietena (PE)
- c) Polipropilen (PP)
- d) Polietilena tereftalat (PET)

2) Polimer termostering

Polimer termoseting adalah polimer yang mempunyai sifat tahan terhadap panas. Jika polimer ini dipanaskan, maka tidak dapat meleleh. Sehingga tidak dapat dibentuk ulang kembali. Susunan polimer ini bersifat permanen pada bentuk cetak pertama kali (pada saat pembuatan). Bila polimer ini rusak/pecah, maka tidak dapat disambung atau diperbaiki lagi. Plomer termoseting memiliki ikatan- ikatan silang yang mudah dibentuk pada waktu dipanaskan. Hal ini membuat polimer menjadi kaku dan keras. Semakin banyak ikatan silang pada polimer ini, maka semakin kaku dan mudah patah. Bila polimer ini dipanaskan untuk kedua kalinya, maka akan menyebabkan rusak atau lepasnya ikatan silang antar rantai polimer[10]. Adapun conttoh pengaplikasian polimer thermosetting sebagai berikut :

- a) Asbak
- b) Fiting lampu listrik
- c) Peralatan fotografi
- d) Radio
- e) Perekat (*Plywood*)

2.6 Komposit

Komposit adalah material yang dibentuk dari campuran dua atau lebih material baku dengan tujuan untuk mendapatkan *mechanical properties* atau sifat mekanis yang lebih baik dan lebih bernilai. Dengan kata lain, komposit adalah material baru yang diharapkan memiliki kualitas baik dari material-material baku. Komposit dapat diklasifikasikan berdasarkan jenis penguatnya. Adapun klasifikasi komposit adalah sebagai berikut.

2.6.1 Komposit Partikel

Komposit partikel merupakan suatu bahan yang terbentuk dari partikel-partikel yang tersebar dalam matrik pengikat, karena penyebaran partikel-partikel tersebut. Komposisi partikel dapat dirancang untuk mendapatkan sifat mekanik yang baik dan komposit partikel dapat dibuat dari partikel logam maupun non-logam atau bisa dari kedua kombinasi tersebut.

Jenis-jenis partikel ini dapat dibedakan menjadi 2 yaitu:

- 1) *Large particle* (Partikel besar)

Adalah komposit yang disusun oleh *reinforcement* berbentuk partikel yang dimana interaksi antara partikel dan matrik terjadi tidak dalam skala atomik atau molekular.

- 2) *Dispersion strengthened particle* (Partikel yang diperkuat dispersi)

Adalah fraksi partikulat yang sangat kecil, jarang melebihi 3% dan ukuran yang lebih kecil yaitu sekitar 10-250nm.

2.6.2 Komposit Fiber

Komposit fiber merupakan jenis komposit yang terdiri dari satu lamina atau satu lapisan menggunakan serat penguat, serat yang digunakan biasanya

berupa serat ijuk, serat rami, serat gelas, serat karbon, dan lainnya. Serat ini disusun secara acak maupun dengan orientasi tertentu bahkan bisa juga dalam bentuk yang lebih kompleks seperti anyaman. Komposit yang diperkuat dengan serat terdiri atas 2 golongan yaitu :

1) *Short fiber composite* (Komposit serat pendek)

Komposit yang diperkuat dengan serat pendek umumnya sebagai matriksnya adalah resin termoplastik amorf atau semikristalin. Material komposit ini terbagi atas 2 bagian yaitu :

- a) Material komposit yang diperkuat dengan serat pendek secara orientasi secara acak (*implane random orientation*). Secara acak biasanya orientasi dapat terjadi dari satu bagian ke bagian lain, akibat langsung dari distribusi serat acak ini adalah nilai fraksi volume rendah dalam material yang menyebabkan bagian resin lebih besar, fraksi yang lebih rendah berhubungan dengan ketidak efisienan balutan dan batas batas dalam proses pencetakan.
 - b) Material komposit diperkuat dengan serat pendek yang orientasi atau sejajar satu dengan yang lain.
- 2) *Long fiber composite* (Komposit serat panjang)

Keistimewaan serat Panjang adalah lebih mudah diorientasikan, jika dibandingkan dengan serat pendek meskipun serat pendek memiliki rancangan yang banyak. Secara teoritis serat Panjang dapat menyalurkan pembebanan atau regangan dari suatu titik Panjang pemakaiannya. Perbedaan serat Panjang dan serat pendek yaitu serat pendek dibebani secara tidak langsung atau kelemahan titik matriks akan menentukan sifat dari produk komposit yakni jauh lebih kecil

dibandingkan dengan besaran yang terdapat pada serat panjang, bentuk serat panjang memiliki kemampuan yang tinggi, dan kita tidak perlu memotong-motong serat.

2.6.3 Komposit Struktural

Komposit struktural terbentuk dari bahan penguat yang berbentuk lembaran. Komposit umumnya terbentuk dari dua komponen utama, yaitu reinforcement (bahan penguat) dan matrix (bahan pengisi). Berikut adalah penjabarannya.

1) *Reinforcement*

Komponen ini adalah bahan penguat pada sebuah material komposit. Biasanya, komposisi reinforcement tidak melebihi dari 50% bahan matrix karena jika berlebihan, ikatan kedua komponen ini tidak maksimal yang berakibat penurunan kualitas komposit yang dihasilkan.

Supaya mampu menghasilkan bahan komposit yang berkualitas, maka diperlukan bahan reinforcement yang memiliki mechanical properties yang lebih rendah daripada bahan matrix. Bahan reinforcement sejatinya adalah berbentuk serat yang lentur serta memiliki daya tarikan yang baik. Namun, bahan ini tidak mampu digunakan pada suhu yang tinggi. Bahan reinforcement sendiri dapat dibedakan menjadi dua jenis, yaitu:

a) Jenis *continuously reinforced*

Bahan penguat ini berbentuk serat memanjang yang biasanya berasal dari bahan alami dan sintetis. Contoh serat alami seperti terbuat dari serabut kelapa, sutera, rami, bahkan eceng gondok. Sedangkan serat sintetis adalah seperti dari *fiberglass*, karbon, nylon, dan aluminium.

b) Jenis *discontinuously reinforced*

Berbeda dengan jenis serat sebelumnya, jenis ini memiliki bentuk yang tidak memanjang. Bisa disebut pula bahwa serat ini adalah bahan serat pendek.

2) *Matrix*

Matriks adalah komponen yang sifatnya juga lunak, elastis, dan tahan lama, namun mampu mengikat jika mencapai titik bekunya. Oleh karena itu, kegunaan dari bahan matriks adalah sebagai pengikat serat (bahan *reinforcement*). Bahan matriks umumnya adalah bahan yang dominan dalam pembentukan komposit. Selain sebagai pengikat serat, matriks memiliki fungsi lain yaitu; meratakan tekanan tegangan yang diterima oleh serat, melindungi serat dari gesekan mekanik dan kondisi lingkungan yang buruk, menahan posisi serat, menstabilkan komponen setelah proses manufaktur.

Matriks umumnya berbahan dasar polimer atau plastik yang juga terdiri dari dua jenis yang berbeda yakni *thermoplastic* dan *thermoset*. Berikut adalah jabaran singkatnya.

a) *Thermoplastic*

Bahan ini adalah jenis plastik yang mampu dilunakkan berulang kali jika dipanaskan dan mampu untuk menjadi keras jika didinginkan. Thermoplastic memiliki ketahanan suhu yang tinggi hingga 260 derajat Celcius dan tahan karat. Contoh dari bahan ini adalah resin *polyethylene*, *polystyrene*, *polypropylene*, *polyamide* (nylon), pvc, dan resin *polysulfones*.

b) *Thermoset*

Jenis plastik ini sering digunakan untuk membuat komposit yang menggunakan penguat serat dan serbuk. Berbeda dengan *thermoplastic*, bahan ini

tidak berubah mengikuti suhu sehingga menyebabkannya bersifat permanen. Contoh dari *thermoset* adalah *polyester*, *fenol*, *epoksi*, *resin polyurethane*, dan lainnya.

2.7 Karbon Aktif

Karbon aktif merupakan ruang (*porosity*) yang diselubungi oleh senyawa karbon. Karbon aktif juga dapat didefinisikan sebagai senyawa karbon amorf yang memiliki porositas serta luas area yang tinggi, antara 500-2.000m²/g. Karena strukturnya yang berpori inilah, karbon aktif banyak digunakan dalam berbagai aplikasi, seperti *adsorben* zat warna, *adsorben* logam berat, *adsorben* gas Hassan, elektroda superkapasitor, dan lain-lain. Karbon aktif dapat disintesis dari batu bara antrasit atau pun bituminous, akan tetapi biomassa yang tersusun atas *lignosellulosa* menjadi salah satu bahan baku yang banyak diteliti belakangan ini. Beberapa biomassa yang dimanfaatkan seperti tempurung kelapa, kulit buah-buahan, biji buah-buahan, kulit biji-bijian, dan lain-lain (Hans Kristianto, 2017).

Sintesis karbon aktif dari biomassa sendiri dapat dilakukan dengan aktivasi fisika (dua tahap) menggunakan kukus atau pun gas CO₂ pada temperatur tinggi, atau pun aktivasi kimia (satu tahap) dengan menggunakan bahan kimia sebagai agen aktivasi untuk membentuk struktur pori-pori. Beberapa jenis agen aktivasi yang umum digunakan adalah H₃PO₄, KOH, dan ZnCl₂. Penggunaan masing-masing agen aktivasi dalam sintesis karbon aktif memiliki mekanisme aktivasi yang berbeda, dengan karakteristik karbon aktif yang dihasilkan berbeda pula. Gambar karbon aktif dapat kita lihat pada gambar 2.6 dibawah ini (Hans Kristianto, 2017).



Gambar 2.6. Karbon aktif

2.8 Metode Taghuchi

Metode Taguchi adalah salah satu metode yang banyak digunakan karena dapat menghemat biaya penelitian dalam pengendalian kualitas, metode Taguchi merupakan ide atau visi Dr. Taguchi. Tuan Genichi Taguchi berbicara tentang teknologi berkualitas yang telah digunakan di Jepang selama beberapa tahun. Pada 1980-an, idenya untuk desain eksperimental diperkenalkan ke Barat. Tujuan dari kontrol kualitas adalah untuk mengintegrasikan kualitas ke dalam semua produk dan memprosesnya sesuai dengan itu. Upaya peningkatan kualitas ini dikenal dengan teknik pengendalian kualitas *offline* (Triastuti Wuryandari).

Metode Taguchi adalah metode eksperimen “baru” untuk peningkatan kualitas. Ini berarti mengambil pendekatan berbeda yang memberikan tingkat keandalan yang sama dengan SPC (*Statistical Proses Control*). Metode *off-line*, taguchi sangat efektif tidak hanya peningkatan kualitas tetapi juga dalam mengurangi biaya. Rekayasa kualitas yang dianjurkan oleh taguchi yang bertujuan untuk membuat kinerja produk/proses tidak sensitif atau tahan terhadap faktor-faktor yang sulit dikendalikan. Taguchi memperkenalkan metode desain terpadu yang dikenal sebagai tiga langkah Metode Taguchi (Triastuti Wuryandari), yaitu sebagai berikut:

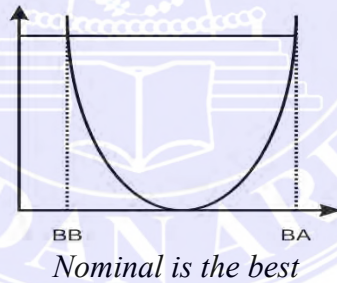
- a. Perancangan Sistem (*System Design*)
- b. Perancangan Parameter (*Parameter Design*)
- c. Perancangan Toleransi (*Tolerance Design*)

2.9 Signal to Noise Ratio(S/N)

Signal to Noise Ratio(S/N) digunakan untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi variabilitas respon. Taguchi mengujudkan transformasi dari pengulangan data-data ke nilai lain yang merupakan ukuran dari variabilitas yang ada [4]. Tranformasinya adalah *signal to noise ratio* atau rasio S/N. Perhitungan Rasio S/N yang dihitung sesuai dengan karakteristik kualitas yang diinginkan.

- a. *Nominal is the best*

Merupakan karakteristik kualitas dengan nilai yang dapat positif maupun negatif. Contoh: ketebalan, berat, tekanan, temperatur, dimensi produk, dan sebagainya.



Nilai S/N untuk *nominal is the best* adalah:

$$S/NR = 10 \log_{10} \frac{\mu^2}{\sigma^2}$$

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

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

dengan :

n = banyaknya ulangan dalam tiap eksperimen

y = nilai pada setiap *run*

μ = rata-rata dari setiap *run*

σ^2 = deviasi dari setiap *run*



BAB III

METOLOGI PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Tempat penelitian yang digunakan dalam pelaksanaan penelitian ini yaitu di bengkel Star Mesin di JL. Menteng VII Gg. Wakaf No.10, Medan Tenggara, Kec. Medan Denai, Kota Medan Sumatera Utara 20227.

Penelitian ini dilaksanakan sejak tanggal pengesahan usulan oleh pengelola program studi sampai dinyatakan selesai yang direncanakan berlangsung selama waktu yang akan ditentukan. Adapun jadwal kegiatan penelitian bisa dilihat pada tabel 3.1 jadwal kegiatan penelitian dibawah ini.

Tabel 3.1. Jadwal kegiatan penelitian

Aktifitas	2022												2023															
	Jun.			Jul.			Agu.			Sep.			Ok.			Nov.		Des.		Jan.		Feb.		Mar				
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Pengajuan Judul	■																											
Pengerjaan alat Proposal				■	■	■																						
Seminar Proposal							■	■	■																			
Pengumpulan Data									■	■	■																	
Analisis data												■	■															
Penyelesaian Laporan														■	■	■												
Seminar Hasil Sidang Sarjana																											■	

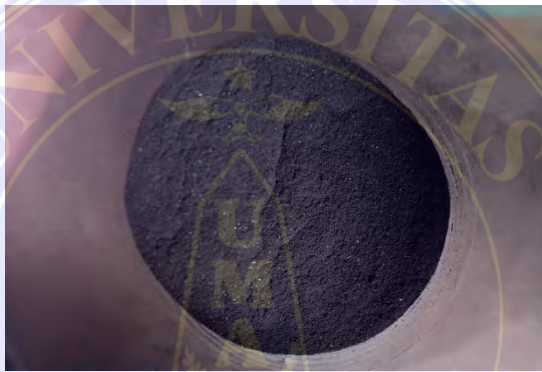
3.2 Bahan dan Alat

3.2.1 Bahan

Berikut ini bahan yang digunakan dalam proses penelitian ini ialah:

a. Serbuk karbon Aktif

Serbuk karbon aktif atau lebih tepatnya *activated charcoal* adalah bubuk halus berwarna hitam yang memiliki daya serap tinggi. *Charcoal* bisa berasal dari kayu, gambut, batu bara, atau batok kelapa yang dipanaskan dengan suhu tinggi dan bisa untuk menjadi campuran *reinforcement* pembuatan komposit. Adapun spesifikasi karbon aktif ini ialah karbon aktif yang telah di haluskan dengan cara digiling lalu di saring memakai saringan yang berukuran mesh 80. Serbuk karbon aktif diperlihatkan pada gambar 3.1.



Gambar 3.1. Serbuk Arang Aktif

b. Biji Plastik Polipropilen (PP)

Polimer adalah material bahan senyawa molekul besar berbentuk rantai atau jaringan yang tersusun dari gabungan ribuan hingga jutaan unit pembangun yang berulang. Plastik pembungkus, botol plastik, styrofoam, nilon, dan pipa paralon termasuk material yang disebut polimer. Polimer melunak pada suhu $\sim 160^{\circ}\text{C}$ dan mencair dengan sempurna pada suhu 200°C . Biji plastik polipropilen (PP) diperlihatkan pada gambar 3.2.

Berikut sifat-sifat yang dimiliki biji plastik *polypropylene* :

- a. Titik lebur *Polypropylene* : $160 - 165^{\circ}\text{C}$
- b. Density : $0,904 - 0,908\text{ g / cm}^3$

- c. Kekuatan Tarik 45 MPa (megapascal) setara dengan sekitar 6,527 psi (*pounds per square inch*)
- d. Kekuatan Impak (*Charpy impact*) : 4 kJ/m²



Gambar 3.2. Biji Plastik Polipropilen (PP)

3.2.2 Alat

- a. Mesin *internal mixer* skala laboratorium

Mesin *internal mixer* skala laboratorium adalah sebagai alat utama pada proses penelitian ini, dapat di lihat pada gambar 3.3 di bawah ini.



Gambar 3.3. Mesin *internal mixer* skala laboratorium

- b. Timbangan digital SF-400

Timbangan ini digunakan untuk menimbang material karbon aktif dan polypropylene yang akan di campur pada mesin internal mixer skala laboratorium,

model timbangan dapur elektronik sf-400 kelebihan timbangan digital ini dibandingkan dengan timbangan konvensional :

1. Berteknologi "Strain Gauge Presisi Tinggi",
2. Kapasitas sampai 10000g x 1g /177oz x 0.1oz
3. Tampilan LCD dengan angka yang besar sehingga mudah dibaca.
4. Daya: 2 x Baterai AA 1,5 volt (tidak termasuk)
5. Overload / Indikator baterai lemah
6. Pengaturan ulang nol otomatis

Timbangan digital SF-400 dapat dilihat pada gambar 3.4 dibawah ini.



Gambar 3.4. Timbangan SF-400

c. *Tachometer*

Tachometer berfungsi untuk mengukur putaran pada poros pengaduk dalam satuan putaran per menit (RPM). Alat ini digunakan saat mesin internal mixer sedang beroperasi, *Tachometer* dapat dilihat Seperti pada contoh gambar 3.5 dibawah ini.



Gambar 3.5. Tachometer

Tabel 3.2. spesifikasi Tachometer

RPM Range	2,5 – 100000 RPM
Measuring Distance	50 – 500 mm
Accuracy	(0,05% + 1 digit)
Resolution	0,1 RPM (from 2,5 to 999,9 RPM)
Memori	Last value, max velue and min RPM
Dimensi	130 x 70 mm

d. Stopwatch

Stopwatch adalah alat yang berfungsi untuk melakukan pengukuran durasi waktu yang diperlukan dan alat ini digunakan pada saat mesin internal mixer beroperasi. Gambar *stopwatch* dapat dilihat pada contoh gambar 3.6 dibawah ini.



Gambar 3.6. Stopwatch

Tabel 3.3. spesifikasi *stopwatch*

Model	S23601P
Nomor Kaliber - S056	S056
Cadangan Daya/Masa Pakai Baterai	3 Tahun
Jenis Baterai	CR2032
Fungsi Kaliber	Stopwatch
Akurasi Kaliber	+/-30 detik sebulan (pada kisaran suhu normal (3 dan 25)
Tampilan Kalibe	Digital
Tahan Air	50 Meter
Bahan Kasus dan warna casing Hitam	Plastik dan Berwarna Hitam
Jenis band/gelang	Tali Leher Jenis Nilon
Referensi Band	DD83AD
Jenis Kaca – Akrilik	Akrilik

e. *Thermocouple*

Thermocouple ini digunakan untuk mengukur suhu pada wadah pencampuran, *thermocouple* ini mampu mengukur panas sampai 1200°C.

Thermocouple ini memiliki spesifikasi sebagai berikut:

1. Type : TM-902C
2. Material : Plastik

Thermometer ini dapat dilihat pada gambar 3.7. dibawah ini.



Gambar 3.7. *Thermocouple*

f. *Scanning Electron Microscope*

Scanning Electron Microscope digunakan untuk melihat bagaimana penyebaran serbuk arang aktif dan biji plastik pada komposit yang dihasilkan

oleh mesin *internal mixer*. SEM yang digunakan pada penelitian ini dengan kode TM 3000 dari merk Hitachi dengan perbesaran 5000 kali. SEM diperlihatkan dengan gambar 3.8 dibawah ini



Gambar 3.8. *Scanning Electron Microscope*

3.3 Metode Penelitian

3.3.1 Sistematika Penelitian

Penulisan karya tulis ilmiah tugas akhir ini terbagi menjadi beberapa bagian seperti dibawah ini :

- a. Study literatur, bertujuan untuk mencari informasi yang berkaitan dengan masalah yang akan dibahas baik dengan membaca diperpustakaan, dan di internet yang mendukung pendahuluan, landasan teori dan tinjauan Pustaka.
- b. Observasi lapangan, bertujuan untuk mendapatkan data dan memahami prosedur dalam proses pengadukan pada mesin internal mixer
- c. Melakukan perhitungan terhadap variasi variabel yang telah di tentukan berdasarkan data yang diperoleh.
- d. Menarik kesimpulan dari hasil perhitungan yang telah diselesaikan,serta memberi saran atau masukan kepada yang ingin meneliti selanjutnya.

Hasil dan pembahasan berisi hasil dari penelitian analisis dan pembahasan dari data-data penelitian.

3.3.2 Parameter Pengukuran

Adapun beberapa parameter yang akan dilakukan dalam penelitian ini ialah sebagai berikut :

a. Putaran

Putaran adalah salah satu parameter yang sangat penting untuk di teliti, karena kecepatan putaran juga faktor-faktor yang akan mempengaruhi dari hasil produksi tersebut. Maka pada proses ini kita akan melakukan uji coba dengan alat ukur sistem satuan menit (rpm) indicator tersebut berupa meter penunjuk berbentuk linkaran atau busur linkaran dan yang modern sudah menggunakan angka digital dengan angka dan sebuah jarum penunjuk. Untuk mencari putaran mesin menggunakan persamaan [7] sebagai berikut:

$$\frac{n_2}{n_1} = \frac{d_1}{d_2} \dots\dots\dots(3.1)$$

Dimana :

d_1 = diameter *pulley* penggerak (m)

d_2 = diameter *pulley* penggerak (m)

n_1 = putaran *pulley* yang digerakkan (rpm)

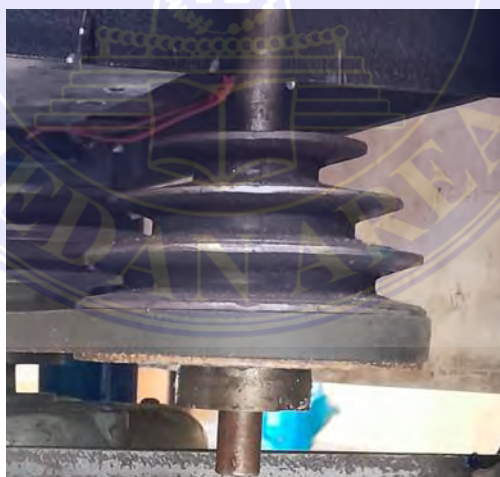
n_2 = putaran *pulley* yang digerakkan (rpm)

1. Gambar pulley penggerak d_1



Gambar 3.9. Pulley motor listrik

2. Gambar pulley penggerak d_2



Gambar 3.10. Pulley gearbox

3. Gambar Putaran roda gigi yang digerakkan n_1



Gambar 3.11. Roda Gigi Poros Mata Pisau Satu

4. Gambar Putaran roda gigi yang digerakkan₂



Gambar 3.12. Roda Gigi Poros Mata Pisau Kedua

b. Suhu

Suhu adalah ukuran energi internal suatu sistem, sedangkan panas adalah ukuran bagaimana energi ditransfer dari satu sistem ke yang lain, atau, bagaimana suhu dalam satu sistem dinaikkan atau diturunkan oleh interaksi dengan yang lain, factor ini juga akan sangat mempengaruhi hasil dari pengadukan (mixing). Untuk mencari suhu titik didih menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$\Delta T_b = m \times K_b \dots \dots \dots (3.2)$$

Atau

$$\Delta T_b = \frac{w_2}{m_r} \times \frac{1.000}{w_1} \times K_B \dots \dots \dots (3.3)$$

Keterangan:

ΔT_b = penurunan titik beku larutan

w_1 = massa pelarut dalam gram

T_b = titik beku larutan

w_2 = massa zat terlarut dalam gram

m = molalitas larutan

M_r = massa molekul relatif zat

3.4 Populasi Dan Sampel

Pada penelitian ini topik yang dibahas adalah analisis unjuk kerja mesin internal mixer pencampur karbon aktif dan biji polipropilen, jenis populasi yang digunakan 9 populasi. variasi suhu yang digunakan dalam penelitian ini 200,250,300°C dan setiap variasi suhu memiliki 3 putaran yaitu 25,50,75 rpm, serta terdapat 3 waktu tahan yaitu 15 menit, 20 menit, 25 menit. Sampel yang digunakan pada penelitian ini yaitu biji plastik polypropylene dan karbon aktif 25:25 gram. Adapun populasi dapat dilihat seperti tabel 3.4 dibawah ini.

Tabel 3.4. Populasi Spesimen

No	Jenis Populasi	Putaran	Waktu tahan	Populasi
1	Suhu 200°C	25 rpm	15 menit	3
2	Suhu 250°C	50 rpm	20 menit	3
3	Suhu 300°C	75 rpm	25 menit	3
Jumlah				9

3.5 Prosedur Kerja

- a. Sebelum melakukan penelitian hal yang harus dilakukan adalah menyiapkan alat dan bahan.
- b. Menghidupkan heater dari suhu ruangan sampai dengan suhu yang telah di tentukan.
- c. Memasukan biji plastik kedalam barrel serta menghidupkan mesin sampai biji plastik meleleh.
- d. Memasukkan serbuk karbon kedalam barrel.
- e. Meneliti proses pengolahan sampai waktu proses pengolahan selesai
- f. Matikan mesin internal mixer dan keluarkan hasil pengolahan dari pencampuran tersebut.
- g. Membersihkan sisa-sisa pencampuran dari wadah dan kembali memasang komponen pada mesin tersebut.

h. Melakukan kembali prosedur penelitian sesuai parameter yang telah ditentukan.

1. Teknik Pengumpulan Data

Teknik atau metode pengumpulan data merupakan salah satu metode penelitian untuk mengumpulkan berbagai data atau informasi yang terdapat di lapangan. Agar mendapatkan hasil yang kredibel atau dapat dipercaya, maka data yang terkumpul harus valid dan realible. Sehingga peneliti perlu menggunakan teknik dan metode penelitian yang tepat. Dalam penelitian ini penulis menggunakan Teknik pengumpulan data sebagai berikut :

a. Studi Dokumen

Dokumen merupakan salah satu sumber data untuk melengkapi penelitian. Dokumen dapat berupa sumber tertulis, film, dan gambar.

b. Survey

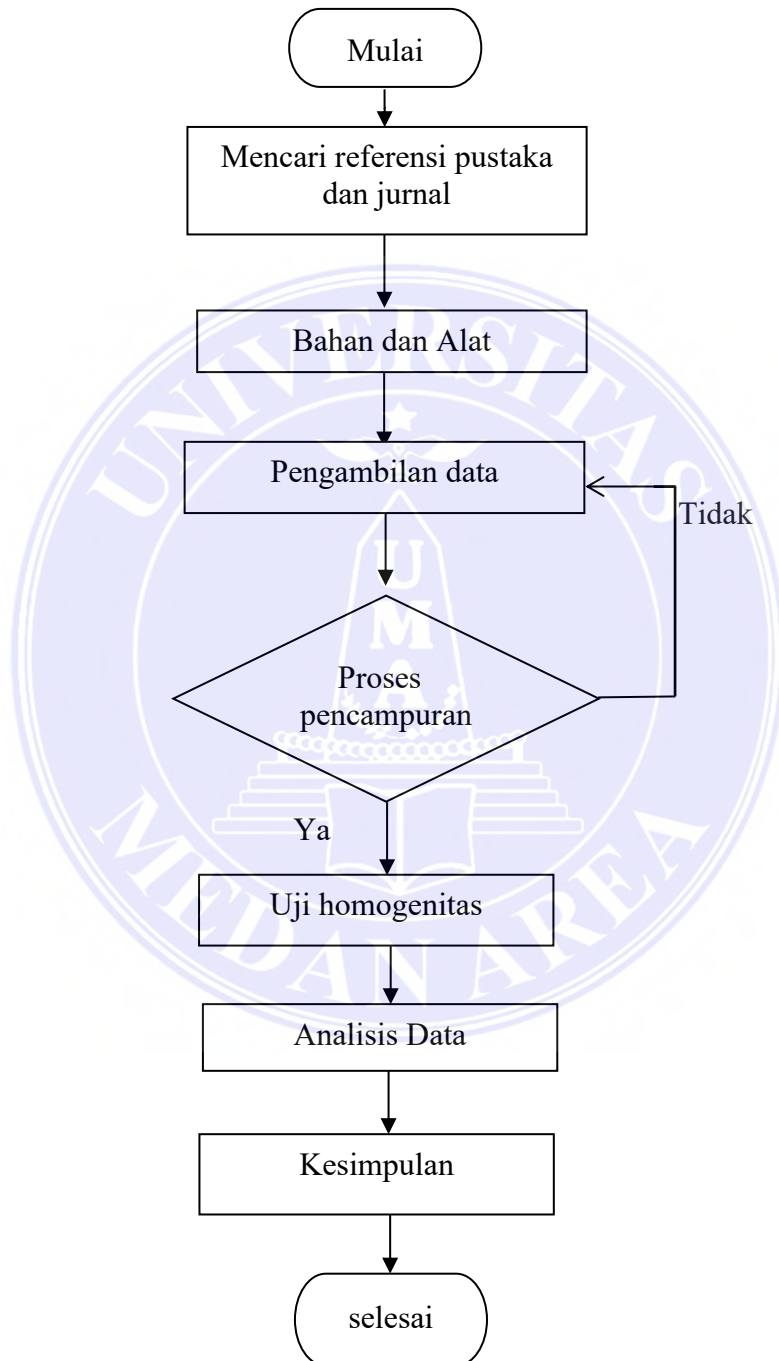
Peneliti melakukan survey dengan cara menyebar kuesioner sebagai instrument penelitian. Teknik ini merupakan salah satu wadah efektif dan efisien untuk mengumpulkan data secara numerik.

c. Observasi

Observasi melibatkan beberapa indera peneliti, terutama penglihatan dan pendengaran untuk menangkap fenomena yang dapat dijadikan data penelitian.

3.5.1 Diagram Alir Penelitian

Diagram alir adalah suatu gambaran utama yang dipergunakan untuk dasar dalam bertindak.



Gambar 3.13. Diagram Alir Penelitian

BAB V

SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan pada mesin *internal mixer* skala laboratorium dengan pengaduk serbuk karbon 25gram dan biji plastik *Polypropylene* 25gram dengan variabel putaran, suhu dan waktu. Menggunakan metode taguchi maka dapat diambil kesimpulan dari penelitian ini sebagai berikut:

- 1) Waktu dan putaran yang digunakan pada proses pencampuran karbon aktif dan biji *Polypropylene* di mesin *internal mixer* skala laboratorium sangatlah berpengaruh seperti pada parameter pertama suhu 200°C, putaran 25 rpm dengan waktu tahan 25 menit. Karena pada parameter ini *heater* dapat mencapai suhu yang di tentukan.
- 2) Pada proses pencampuran yang dihasilkan oleh mesin *internal mixer* skala laboratorium didapatkan hasil pencampuran tidak homogen, karena hasil F hitung 34,98 lebih besar dari F tabel 5,14.

5.2 Saran

Adapun saran yang dapat diberikan dari hasil penelitian “Analisis Unjuk Kerja Mesin *Internal Mixer* Skala Laboratorium” adalah sebagai berikut :

- 1) Untuk mendapatkan panas yang cepat dan seimbang harus menggunakan wadah yang solid.
- 2) Gunakan elemen pemanas (*heater*) lebih dari satu agar dapat mendapatkan panas yang cepat dalam proses pelelehan biji *Polypropylene*.

DAFTAR PUSTAKA

- A.Hamsi Dan Suprianto, “Studi Experimental Pengaruh Variasi *Temperature* Dan Putaran Pencampuran Terhadap Sifat Mekanik Campuran *Polypropylene*, *Polyethylene* Dan *Fiber Glass* Menggunakan Mesin Mixer Buatan Sendiri”.Jurnal *Procceding*,Banjarmasin (2015).Pp.1-7.
- Andhika Ariyudha,202. Pembuatan Mesin Mixer Pakan Ternak Horizontal Dengan Sistem Pengaduk *Double THREAD* Kapasitas 200 Kg/Jam.
- Eduardo Luis Canedo,januari 2017. *Polymer Processing in the 2E Laboratory Internal Mixer, Federal University of Campina Grande (UFCG)*, <https://www.researchgate.net/publication/327102116>.
- Hibbeler, R.C,2005, *Mechanics of Materials, Sixth Edition, Pearson Education*. Singapore.
- Hans Kristianto, 2017. review: Sintesis Karbon Aktif dengan Menggunakan Aktivasi Kimia $znc12$.Jurnal Integrasi Proses Vol. 6, No. 3 (Juni 2017) 104 – 111.
https://www.academia.edu/28883117/BAB_II_TINJAUAN_PUSTAKA_2_1_Pengertian_Mixing_Pencampuran
<https://andarupm.co.id/mikroskop/#:~:text=%E2%80%9C%20Mikroskop%20%28bahasa%20Yunani%3A%20micro%20%3D%20kecil%20dan,laboratorium%20untuk%20dapat%20mengamati%20organisme%20berukuran%20kecil%20%28mikroskopis%29>.
- <https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/internal-mixer> Pemrosesan Polimer Donald G. Baird, dalam *Encyclopedia of Physical Science and Technology* (Edisi Ketiga), 2003
- <https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/internal-mixer>. Jiri George Drobny, dalam Buku Pegangan Elastomer Termoplastik (Edisi Kedua), 2014
- I.Bauman, Solid-solid mixing with static mixer, *Chem. Biochem. Eng. Q.*15 (4) (2001) 159–165.
- MuchlisinRiad, 2017.<https://www.kajianpustaka.com/2017/09/karbon-aktif.html>, diakses pada tanggal 5, 2017.
- Muttaqin, A. Z., Hardiatama, I., Arbiantara, H., & Djumhariyanto, D. (2022). Pengaruh *Holding Time* Dan *Mold Temperature* Terhadap Cacat Warpage Pada Proses Komposit Al-Pp Dengan *Injection Molding*. *Stator: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 5(2), 69-73.
- Ngia Masta, S.Pd., M.Si. “Buku Material Pembelajaran *Scanning Electron Microscopy*” BMP. UKI: NM-01-SEM-PFis-I-2020
- O. Djuragic, J. Levic, S. Sredanovic dan L. Levic, *Evaluation of homogeneity in feed by method of microtracers, Archiva Zootechnica*, 12:4 (2009) 85-91.
- SYUGITO, 2015. Studi Sifat Mekanik Campuran *Polypropylene* (PP) *Polyethylene* (PE) Dan Aluminium Powder (AL)Menggunakan Mesin Mixer.
- Sularso, Suga, K., 2004, *Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin*, Pradaya Paramita, Jakarta
- Triastuti Wuryandari1, Tatik Widiharih2, Sayekti Dewi Anggraini. *Metode Taguchi Untuk Optimalisasi Produk Pada Rancangan Faktorial*, Vol. 2, No. 2, Desember 2009: 81-92 82.

LAMPIRAN


LAMPIRAN 1

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

LAMPIRAN 2

Gambar hasil pengujian Scanning Electron Microscopy (SEM)



**UNIT PELAKSANA TEKNIK
LABORATORIUM PENELITIAN TERPADU
UNIVERSITAS SUMATERA UTARA**
Jalan Tridharma, Kampus USU Medan 20155
Laman: lpterpadu.usu.ac.id Email: lpterpadu@usu.ac.id

**Laboratorium
Penelitian Terpadu**
No. Dokumen : FM-PP-03-06
Revisi : 00
Tanggal Efektif : 25 Oktober 2021

LAPORAN HASIL UJI
Report of Analysis

Halaman: 1 dari 2
Page

Tanggal Penerbitan: 05 Mei 2023 <i>Date of time</i>	Nomor Laporan: 291/UN5.4.4.1/KPM/2023 <i>Report Number</i>
Kepada: Jon Wariston Purba <i>To</i>	Nomor Order: KSB.SEM.23.04.26 - 28 <i>Order Number</i>


Yang bertanda tangan di bawah ini menerangkan bahwa:
The undersigned certifies that examination


Nama Sampel: <i>Name of the Sample(s)</i> -AI -BII -CIII	Untuk Parameter Uji: UJI SEM <i>For Analysis</i>
Tanggal Analisis: 04 Mei 2023 <i>Date of Analysis</i>	Tanggal Penerimaan: 11 April 2023 <i>Received on</i>
Hasil: Terlampir <i>Results</i>	

/s/ Kepala UPT. Laboratorium Penelitian Terpadu
Universitas Sumatera Utara

It. Rahmi Karolina, ST., MT, IPM
NIP. 198203182008122001

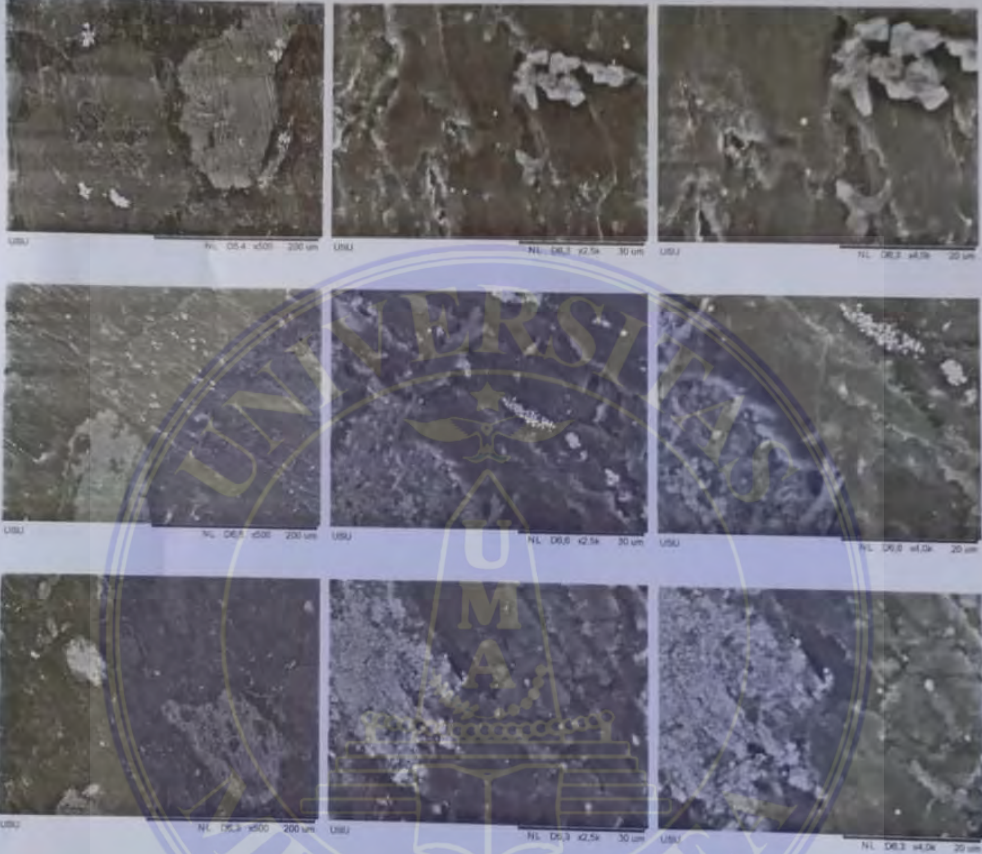
Laporan Hasil Uji ini berlaku sejak tanggal dikeluarkan hanya untuk nama/jenis contoh di atas.
Report of Analysis valid since the date issued, to the name/kind of sample (s) above only.
Dilarang memperbanyak atau mempublikasikan sertifikat ini tanpa persetujuan tertulis dari UPT. Laboratorium Penelitian Terpadu USU.
Do not reproduce this certificate without a valid written approval from UPT. Laboratorium Penelitian Terpadu USU.

 **UNIT PELAKSANA TEKNIS**
LABORATORIUM PENELITIAN TERPADU
UNIVERSITAS SUMATERA UTARA
Jalan Tridharma, Kampus USU Medan 20155
Laman: lpterpada.usu.ac.id Email: lpterpada@usu.ac.id

 **Laboratorium Penelitian Terpadu**

Halaman: 2 dari 2
Page

Lampiran Hasil Uji No. Laporan: 291/UN5.4.4.1/KPM/2023:



Kepala UPT. Laboratorium Penelitian Terpadu
Universitas Sumatera Utara

[Signature]
Ir. Rahmi Karolina, ST., MT, IPM
NIP. 198203182008122001

Laporan Hasil Uji ini berlaku sejak tanggal dikeluarkan hanya untuk nama/jenis contoh di atas.
Report of Analysis valid since the date issued, to the name/kind of sample (s) above only.
Dilarang memperbanyak atau mempublikasikan sertifikat ini.