

**ANALISIS PERPINDAHAN PANAS MESIN *INTERNAL MIXER*
SKALA LABORATORIUM**

SKRIPSI

OLEH:

RIZKY RIVALDY

178130121



**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 12/10/23

Access From (repository.uma.ac.id)12/10/23

**ANALISIS PERPINDAHAN PANAS 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:

RIZKY RIVALDY

NPM 178130121

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

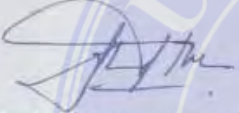
Document Accepted 12/10/23


Access From (repository.uma.ac.id)12/10/23

HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI

Judul Skripsi : Analisis Perpindahan Panas Mesin *Internal Mixer*
Skala Laboratorium
Nama Mahasiswa : Rizky Rivaldy
NPM : 178130121
Fakultas : Teknik

Disetujui Oleh
Komisi Pembimbing


(Indra Hermawan, ST., MT)
Pembimbing I


(Dr. Iswandi, ST., MT)
Pembimbing II



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



Muhammad Idris, S.T., M.T.
Dekan Prodi/ WD 1

Tanggal Lulus: 10 Agustus 2023

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

Sebagai sivitas akademik Universitas Medan Area, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Rizky Rivaldy
NPM : 178130121
Program Studi : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik
Jenis Karya : Skripsi/Tugas Akhir

demikian demi membangun ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Medan Area **Hak Bebas Royalty (Non-exclusive Royalty-Free Right)** atas Tugas Akhir saya yang berjudul : Analisis Perpindahan Panas Mesin *Internal Mixer* Skala Laboratorium .

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalty non-eksklusif ini Universitas Medan Area berhak menyimpan, mengalihmedia/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di Medan
Pada tanggal 10 Agustus 2023
Yang menyatakan



A82AKX634443313
(Rizky Rivaldy)

HALAMAN PERNYATAAN

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

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

Medan, 10 Agustus 2023



Rizky Rivaldy

178130121

ABSTRAK

Mesin *internal mixer* adalah mesin pencampur biji plastik dengan serbuk karbon aktif, Mesin pencampur ini didesain berbentuk horizontal. Mesin mixer ini memiliki prinsip kerjanya adalah melelehkan dan mengaduk untuk mencampur material Biji Plastik (Polypropilene) dengan Serbuk Karbon Aktif Tempurung Kelapa sehingga mencapai pencampuran yang homogen, kerja mesin berupa putaran motor yang di transmisikan ke *gearbox* kemudian menggerakkan rotor/mata pisau dengan dua arah putaran yang berlawanan. Dalam proses pelelehan biji plastik menggunakan elemen pemanas listrik *Cartridge Heater*. Suhu maksimal elemen pemanas tersebut adalah 300°C. Pelelehan dan Pencampuran biji plastik menggunakan suhu yang berbeda yaitu 200°C, 250°C dan 300°C. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk dilakukan analisis perpindahan panas yang terjadi pada ruang aduk pada masing-masing suhu. Pada saat suhu *heater* 200°C didapat nilai perpindahan panas sebesar 813,68 W. Pada saat suhu *heater* 250°C didapat nilai perpindahan panas sebesar 587,13 W. Pada saat suhu *heater* 300°C didapat nilai perpindahan panas sebesar 440,82 W.

Kata Kunci : Perpindahan Panas, Mesin *Internal Mixer*

ABSTRACT

The internal mixer machine is a mixing machine for plastic pellets with activated carbon powder. This mixing machine is designed to be horizontal. This mixer machine uses the working principle of melting and stirring to mix the plastic seed material (polypropylene) with coconut shell. Activated Carbon Powder so as to achieve homogeneous mixing, the work of the machine is in the form of motor rotation, which is transmitted to the gearbox, which then moves the rotor or blade with two directions of rotation in the opposite direction. the process of melting plastic pellets using an electric heating element The maximum temperature of the heating element is 300°C. Melting and mixing of plastic pellets uses different temperatures, namely 200°C, 250°C, and 300°C. The purpose of setting the different temperatures is to analyze the heat transfer that occurs in the stirring chamber at each temperature. When the heater temperature is 200°C, the heat transfer value is 813,68 W. When the heater temperature is 250°C, the heat transfer value is 587,13 W. When the heater temperature is 300°C, the heat transfer value is 440,82 W.

Keywords: Heat Transfer, Internal Mixer Machine

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Pangkalan Brandan, pada tanggal 2 Mei 1999 dari Ayah Prihanto dan Ibu Sri Rahayu. Penulis merupakan Putra Pertama dari Empat bersaudara.

Tahun 2017 Penulis Lulus dari SMK Swasta Dharma Patra dan pada tahun 2017 terdaftar sebagai Mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Medan Area.

Tahun ajaran 2020/2021 penulis melaksanakan Kerja Praktek (KP) di PT. PSU Simpang Gambir, Kecamatan Lingga Bayu, Kabupaten Mandailing Natal, Sumatra Utara. Pada tahun 2022/2023 penulis melaksanakan penelitian di Bengkel Bubut & Las Cipta Mesindo, Jln. Sutomo Ujung No. 10 Medan dengan judul “ Analisis Perpindahan Panas Pada Mesin *Internal Mixer* Skala Laboratorium“

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Kuasa atas segala karunia-Nya sehingga skripsi ini berhasil diselesaikan. Adapun judul yang dipilih penulis yaitu “Analisis Perpindahan Panas Mesin *Internal Mixer* Skala Laboratorium”.

Terima kasih penulis sampaikan kepada Bapak Indra Hermawan ST, MT selaku Dosen Pembimbing I dan Bapak Dr. Iswandi ST, MT, selaku Dosen Pembimbing II yang telah banyak memberi saran. Disamping itu penghargaan penulis sampaikan kepada teman-teman teknik mesin stambuk 17 yang telah membantu penulis selama melaksanakan penelitian. Ungkapan terima kasih juga disampaikan kepada Ayah Prialto, Ibu Sri Rahayu, serta keluarga seluruh keluarga atas segala doa dan perhatiannya.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih memiliki kekurangan, oleh karena itu kritik dan saran yang bersifat membangun sangat penulis harapkan demi kesempurnaan skripsi ini. Penulis berharap skripsi ini dapat bermanfaat baik untuk kalangan pendidikan maupun masyarakat. Akhir kata penulis ucapkan terimakasih.

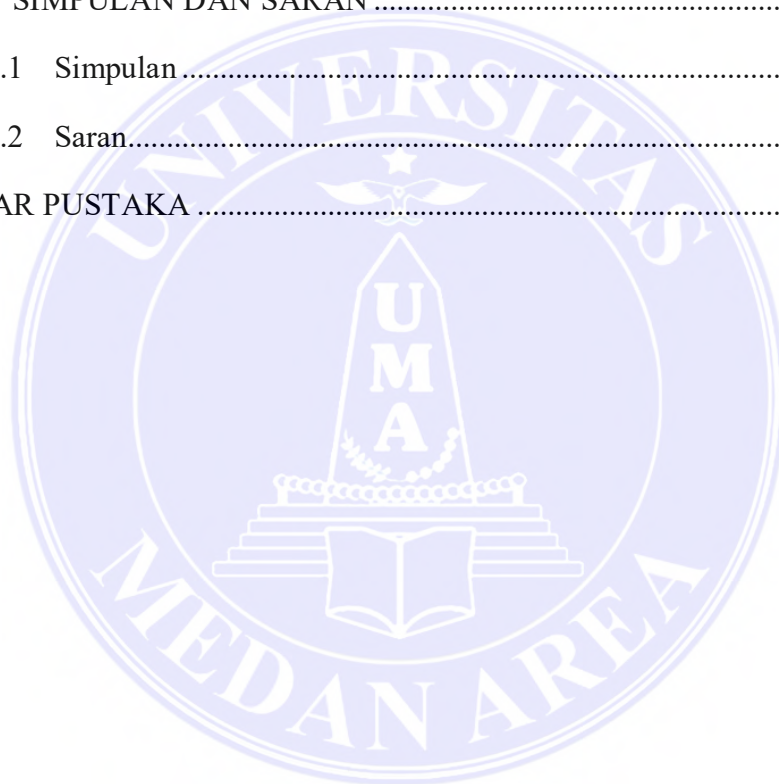
Penulis,

(Rizky Rivaldy)

DAFTAR ISI

HALAMAN PERNYATAAN.....	xi
ABSTRAK.....	xii
RIWAYAT HIDUP.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan.....	2
1.4 Hipotesis Penelitian.....	3
1.5 Manfaat.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Mesin <i>Internal Mixer</i>	4
2.2 Waktu Tahan.....	6
2.3 Komposit.....	7
2.4 Komponen Penyusun Komposit Partikel.....	10
2.5 <i>Stainless Steel</i>	13
2.6 Sistem Pemanas.....	14
2.7 Elemen Pemanas Listrik Bentuk Dasar.....	15
2.8 Elemen Pemanas Listrik Bentuk Lanjut.....	16
2.9 Perpindahan Panas.....	18
2.10 Waktu Pemanasan dan Melelehkan Biji Plastik.....	25
2.11 Metode Taguchi.....	26
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	27
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian.....	27

3.2	Bahan dan Alat	28
3.3	Metode Penelitian.....	34
3.4	Populasi dan Sampel	37
3.5	Prosedur Kerja	37
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		39
4.1	Hasil Penelitian.....	39
4.2	Pembahasan Penelitian.....	41
BAB V SIMPULAN DAN SARAN		50
5.1	Simpulan	50
5.2	Saran.....	50
DAFTAR PUSTAKA		51



DAFTAR TABEL

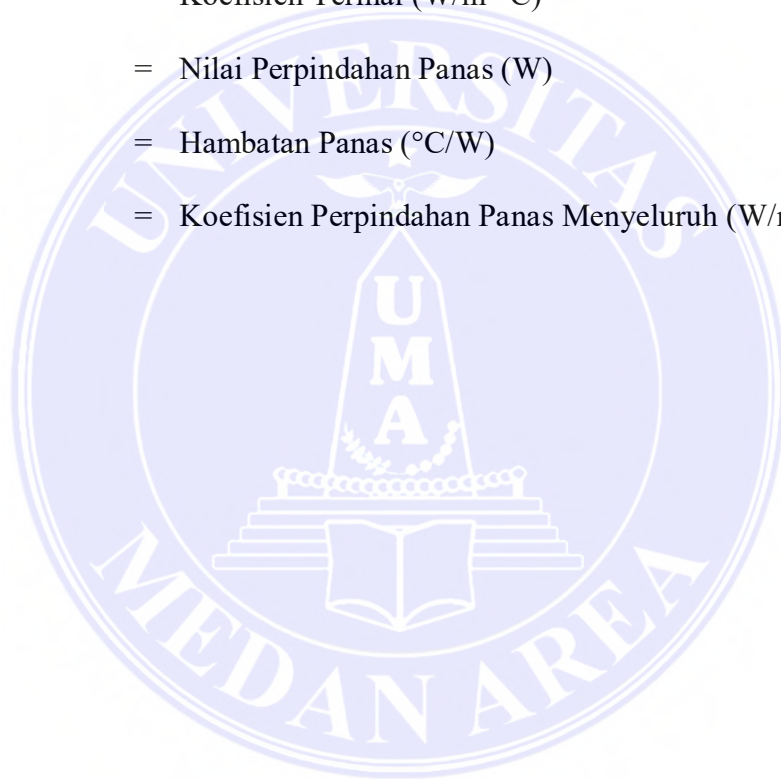
Tabel 2.1. Karakter Matrix Unsaturated Polyester Resin.....	5
Tabel 2.2. Klasifikasi polimer alam.....	6
Tabel 2.3. Klasifikasi Polimer Sintetik.....	7
Tabel 2.4 Nilai Konduktivitas Termal Dari Beberapa Logam.....	15
Tabel 3.1 Jadwal Tugas Akhir.....	17
Tabel 4.1 Hasil Nilai Perpindahan Panas.....	35
Tabel 4.2 <i>Analysis Of Variance</i>	39
Tabel 4.3 Suhu Pada Barrel Saat Temperatur Heater 200°C.....	40
Tabel 4.4 Suhu Pada Barrel Saat Temperatur Heater 250°C.....	41
Tabel 4.5 Suhu Pada Barrel Saat Temperatur Heater 300°C.....	42

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Gambar Mesin <i>Measuring Cell (Rheomix) Of Internal Mixer</i>	4
Gambar 2.2 <i>End Plate</i>	5
Gambar 2.3 <i>Barrel Mesin Internal Mixer</i>	5
Gambar 2.4 <i>Twin Blade</i>	6
Gambar 2.5 <i>Reinforcement dan Matrix Komposit</i>	7
Gambar 2.6 <i>Polypropylene (PP)</i>	11
Gambar 2.7 Serbuk Arang Aktif.....	12
Gambar 2.8 <i>Plate Stailless Steel</i>	13
Gambar 2.9 <i>Coil Heater</i>	15
Gambar 2.10 <i>Infra Red Heater</i>	15
Gambar 2.11 Tubular Model Standar.....	16
Gambar 2.12. <i>Catridge heater</i>	16
Gambar 2.13 <i>Band Nozzle Heater</i>	17
Gambar 2.14 <i>Stripe Heater</i>	18
Gambar 3.1 <i>Cartridge Heater</i>	28
Gambar 3.2 <i>Thermostat</i>	29
Gambar 3.3 <i>Stopwatch</i>	30
Gambar 3.4 <i>Thermocouple</i>	30
Gambar 3.5 <i>Scanning Electron Microscope</i>	31
Gambar 4.1 Diagram Batang Temperatur <i>Heater 200°C</i>	43
Gambar 4.2 Diagram Batang Temperatur <i>Heater 250°C</i>	44
Gambar 4.3 Diagram Batang Temperatur <i>Heater 300°C</i>	45

DAFTAR NOTASI

ΔT	=	Perubahan Suhu ($^{\circ}\text{C}$)
Ra	=	Bilangan Rayleigh(kW)
Nu	=	Bilangan Nusselt
k	=	Konduktivitas Termal ($\text{W}/\text{m}^2\text{^{\circ}\text{C}}$)
Pr	=	Bilangan Prandtl
h	=	Koefisien Termal ($\text{W}/\text{m}^2\text{^{\circ}\text{C}}$)
q	=	Nilai Perpindahan Panas (W)
R	=	Hambatan Panas ($^{\circ}\text{C}/\text{W}$)
U	=	Koefisien Perpindahan Panas Menyeluruh ($\text{W}/\text{m}^2\text{^{\circ}\text{C}}$)



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Panas atau kalor dalam istilah fisika adalah energi yang berpindah akibat perbedaan suhu. Panas bergerak dari daerah bersuhu tinggi ke daerah bersuhu rendah (Supu, I., Usman, B., Basri, S., & Sunarmi, S. 2017). Energi panas disekitar kita bisa dimanfaatkan untuk kebutuhan rumah tangga atau untuk kebutuhan produksi.

Energi panas atau kalor berguna untuk proses pengeringan, peleburan logam atau sebagai pemanas. Pembuatan komposit polimer juga memanfaatkan energi panas untuk melelehkan matriks komposit dengan bantuan alat elemen pemanas. Dalam pembuatan komposit dibutuhkan mesin yang mampu mengaduk dan mencampur bahan matriks dan reinforcement dari komposit.

Mesin yang dimaksud merupakan mesin *internal mixer*. Mesin *internal mixer* pencampur komposit adalah mesin yang berfungsi untuk mencampur atau mengaduk bahan komposit hingga menjadi homogen. Dalam proses pemanasan perlukan waktu untuk melelehkan campuran dari komposit tersebut.

Dalam penelitian perpindahan panas yang dilakukan oleh Yun Bai, Uttandaraman Sundarara dan Krishnaswamy Nandakumar, mengenai Nonisothermal Modeling of Heat Transfer Inside an Internal Batch Mixer, nilai perpindahan panas 463 K, saat kecepatan putaran 5,24 rad/s, pemanasan viskositas menyebabkan kenaikan suhu maksimum 3 K untuk polietilenene (PE) resin, dan 6 K untuk resin polystyrene (PS) (Bai, Y., Sundararaj, U., & Nandakumar, K. 2011).

Dalam penelitian perpindahan panas yang dilakukan oleh N. Nakajima, E. R. Harrell mengenai Energy Balance And Heat Transfer In Mixing Of Elastomer Compounds With The *Internal Mixer* didapat nilai perpindahan panas yang terjadi pada *barrel* sebesar 576 kJ (Nakajima, N., Harrell, E. R., & Seil, D. A. 1982).

Ember plastik yang sering digunakan sehari-hari, ember tersebut masih terlihat bagian biji plastik yang menggumpal. Penyebabnya adalah campuran pada plastik ember tersebut tidak tercampur merata atau tidak homogen. Pada pembuatan komposit partikel umumnya masih menggunakan mesin rheomix yang harganya cukup mahal dan ingin dilakukannya penelitian tentang pengaruh perpindahan panas pada variasi waktu tahan. Maka dibutuhkan rancangan mesin dengan pembuatan mesin dengan biaya terjangkau dan menganalisis perpindahan panas yang terjadi dan bagaimana pengaruh variasi waktu tahan yang diberikan dan bagaimana campuran pada bahan komposit tersebut menjadi homogen.

Berdasarkan latar belakang tersebut maka dilakukan penelitian dengan judul :

“Analisis Perpindahan Panas Mesin *Internal Mixer* Skala Laboratorium”

1.2 Rumusan Masalah

Berikut rumusan masalah yang akan dibahas meliputi :

- a) Bagaimana proses perpindahan panas pada mesin *internal mixer*?
- b) Bagaimana distribusi partikel pada komposit biji plastik *polypropylene* dan serbuk arang aktif tempurung kelapa?

1.3 Tujuan

Berikut tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

- a) Mengetahui laju perpindahan panas pada ruang aduk mesin *internal mixer*.

- b) Mengetahui homogenitas distribusi partikel pada komposit biji plastik PP dan serbuk arang aktif.

1.4 Hipotesis Penelitian

Hipotesis dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

- a) Dugaan proses perpindahan panas yang terjadi pada mesin *internal mixer* dengan pemanas elektrik terjadi secara konveksi.
- b) Dugaan distribusi partikel pada komposit biji plastik PP dan serbuk arang aktif adalah secara merata atau homogen.

1.5 Manfaat

Manfaat yang diperoleh dari analisis perpindahan panas pada mesin *internal mixer* ini antara lain :

- a) Diharapkan penelitian ini menjadi acuan penelitian yang akan datang.
- b) Diharapkan dapat membantu menciptakan komposit alternatif yang terbuat dari campuran polimer dan serbuk arang aktif.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Mesin *Internal Mixer*

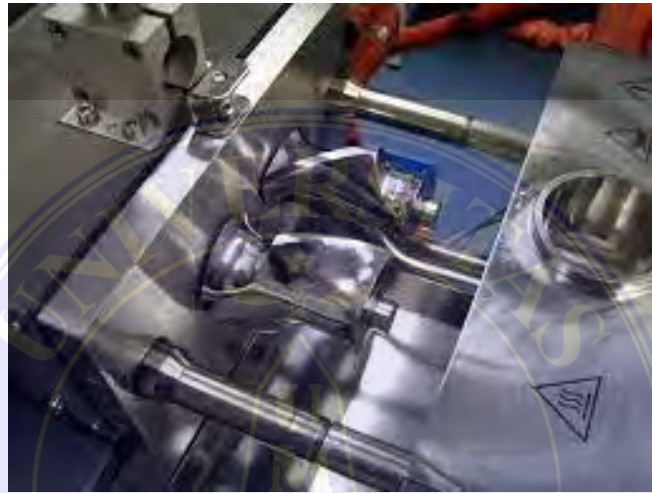
Mesin *internal mixer* adalah sebuah alat untuk mencampur bahan material dan dijadikan bahan komposit dengan pemanas di dalamnya (Market Prospects 2022). Prinsip kerja mesin *internal mixer* yaitu mencampur serbuk karbon aktif dan polimer menjadi material komposit dengan pengadukan dan pemanasan bahan-bahan yang dicampur diaduk lalu memanfaatkan elemen pemanas sebagai komponen untuk mencairkan polimer agar tercampur dengan serbuk karbon aktif dan menjadi material komposit. Berikut gambar mesin measuring cell (rheomix) of the *internal mixer* diperlihatkan pada gambar 2.1



Gambar 2.1 Gambar Mesin *Measuring Cell (Rheomix) Of Internal Mixer*

2.1.1 *End Plate*

End Plate adalah salah satu komponen pada mesin *internal mixer* yang berfungsi sebagai penutup sebagian *barrel*. Pelat dirancang sedemikian rupa sehingga dapat menahan rotor ganda (Kawanishi, K & Yagii, K. 1990) Gambar End plate diperlihatkan pada gambar 2.2



Gambar 2.2 End Plate

2.1.2 *Barrel*

Barrel adalah salah satu bagian dari mesin *internal mixer* tempat dimana terjadi pemrosesan atau pembentukan material komposit. Barel menjadi tempat twin blade dan untuk tempat pemanasan (Drobny, J. G. 2014). *Barrel* ini adalah bagian terpenting dari mesin *internal mixer* karena didalamnya terdapat twin blade yang dilengkapi dengan elemen pemanas. *Barrel* diperlihatkan pada gambar 2.3

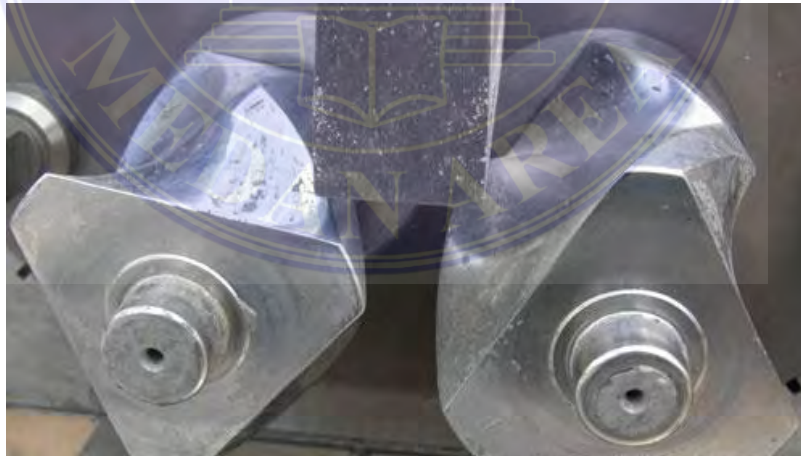


Gambar 2.3 *Barrel Mesin Internal Mixer*

2.1.3 *Twin Blade*

Twin blade adalah bagian dari mesin *internal mixer* yang digunakan untuk mengaduk bahan matriks dan reinforcement komposit. sebuah mixer internal biasanya terdiri dari dua rotor. Ditetup dalam ruang campuran (Drobny, J. G. 2014). *Twin blade* bergerak dengan bantuan motor listrik dan gear box sehingga dapat berputar berlawanan arah. Gambar *twin blade* diperlihatkan pada gambar

2.4



Gambar 2.4 *Twin Blade*

2.2 Waktu Tahan

Waktu tahan adalah penahanan (*holding*) mempertahankan suhu pada waktu tertentu. Temperaturnya merata dan perubahan strukturnya terjadi secara

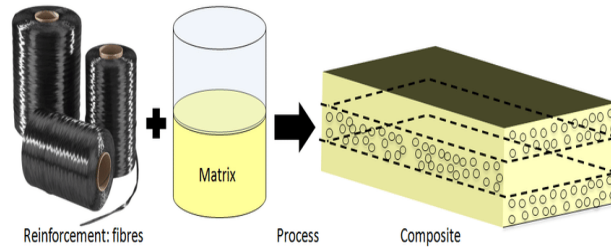
merata pula (Widodo & Huda, 2016). Biasanya waktu tahan menjadi parameter yang digunakan pada proses heat treatment pada baja, logam dan sejenisnya untuk mengetahui kualitas baja, logam dan lain-lain.

2.3 Komposit

Berdasarkan definisi, komposit atau materi komposit merupakan suatu materi yang tersusun atas lebih dari dua elemen penyusunnya. Komposit bersifat heterogen dalam skala makroskopik (Nugraha, M. D. A. 2020). Bahan penyusun komposit tersebut masing-masing memiliki sifat yang berbeda, dan ketika digabungkan dalam komposisi tertentu terbentuk sifat-sifat baru yang disesuaikan dengan keinginan. Pada umumnya dalam proses pembuatannya melalui pencampuran yang homogen, sehingga kita leluasa merencanakan kekuatan material komposit yang kita inginkan dengan jalan mengatur komposisi dari material pembentuknya

Komposit merupakan gabungan antara bahan matriks atau pengikat dengan penguat. Penguat adalah komponen yang dimasukkan ke dalam matriks yang berfungsi sebagai penerima atau penahan beban utama yang dialami oleh matriks. Sedangkan matriks adalah bagian dari komposit yang mengelilingi partikel penyusun komposit, yang berfungsi sebagai bahan pengikat partikel dan ikut membentuk struktur fisik komposit. Matriks tersebut bergabung bersama dengan bahan penyusun lainnya, oleh karena itu secara tidak langsung mempengaruhi sifat-sifat fisis dari komposit yang dihasilkan. Bentuk (dimensi) dan struktur penyusun komposit akan mempengaruhi karakteristik komposit, begitu pula jika terjadi interaksi antara penyusun akan meningkatkan sifat dari

komposit. Gambar reinforcement dan matriks komposit diperlihatkan pada gambar 2.5



Gambar 2.5 Reinforcement dan Matriks Komposit

Material komposit terdiri dari lebih dari satu tipe material dan dirancang untuk mendapatkan kombinasi karakteristik terbaik dari setiap komponen penyusunnya. Dibanding dengan material konvensional, bahan komposit memiliki banyak keunggulan, diantaranya memiliki kekuatan yang dapat diatur, berat yang lebih ringan, kekuatan dan ketahanan yang lebih tinggi, tahan korosi, dan tahan keausan.

Jenis-jenis material komposit berdasarkan jenis penguatnya dibagi menjadi 3:

- a) Komposit serat, yaitu komposit yang terdiri dari serat dan bahan dasar yang difabrikasi
- b) Komposit berlapis (laminated composite), merupakan jenis komposit yang terdiri dari dua lapis atau lebih yang digabungkan menjadi satu dan setiap lapisannya memiliki karakteristik khusus. Contohnya polywood, laminated glass yang sering digunakan sebagai bahan bangunan dan kelengkapannya
- c) Komposit partikel (particulate composite), yaitu komposit yang menggunakan partikel atau serbuk sebagai penguatnya dan terdistribusi secara merata dalam matriks. Komposit yang terdiri dari partikel dan

matriks seperti butiran (batu dan pasir) yang diperkuat dengan semen yang sering kita jumpai sebagai beton.

Berdasarkan matriksnya, komposit dibagi menjadi:

- a) Metal matrix composites (MMC) yaitu komposit yang menggunakan matriks logam.
- b) Ceramic matrix composites (CMC) yaitu komposit yang menggunakan matriks keramik.
- c) Polymer matrix composites (PMC) yaitu komposit yang menggunakan matriks polimer.

Keunggulan komposit dapat dilihat dari sifat-sifat bahan pembentuknya serta ciri-ciri komposit itu sendiri, antara lain bahan ringan, kuat dan kaku. Struktur mampu berubah mengikuti perubahan keadaan sekitarnya. Kegagalan komposit sangat dipengaruhi oleh presentase komposisi campuran. Mekanisme kegagalan yang dapat terjadi pada komposit seperti :

- a) Kerusakan serat (fiber breaking).
- b) Keretakan matriks (matrix cracking).
- c) Berpisahnya lapisan antara (interface debonding).
- d) Delaminasi (delamination)

Klasifikasi karakter matrix polyester sesuai dengan tabel 2.1 sebagai berikut :

Tabel 2.1. Karakteristik Matrix Unsaturated Polyester Resin BTQN –157 EX

Sifat Mekanik	Satuan	Besaran
Berat Jenis (ρ)	kg/m ³	1,215
Modulus Young (E)	Gpa	0,03
Kekuatan Tarik (σ_T)	Kgf/mm ²	55

Sumber : Justus Kimia Raya,2001

2.4 Komponen Penyusun Komposit Partikel

2.4.1 Biji Plastik

Plastik adalah polimer rantai panjang atom yang mengikat satu sama lain. Rantai ini membentuk banyak unit molekul berulang, yang disebut monomer (Atika, S. N. 2015). Plastik yang umum terdiri dari polimer karbon saja atau dengan oksigen, nitrogen, klorin atau belerang. Plastik merupakan senyawa polimer dari turunan-turunan monomer hidrokarbon yang membentuk molekul molekul dengan rantai panjang dari reaksi polimerisasi adisi atau polimerisasi kondensasi. Secara umum plastik digolongkan dalam dua kategori yaitu termoseting dan termoplastik. Termoseting adalah polimer yang berbentuk permanen setelah diproses, meskipun di bawah pengaruh panas dan tekanan. Setelah polimerisasi bahan-bahan termoset tetap stabil dan tidak dapat kembali ke bentuk awal, karena sudah membentuk ikatan tiga dimensi yang kokoh dan kuat. Contoh termoseting adalah melamin, urea, alkid, dan epoksi. Termoplastik adalah bahan plastik yang sensitif terhadap panas, berwujud padat pada temperatur ruang seperti kebanyakan logam. Pemberian panas pada termoplastik akan menyebabkan plastik melunak dan akhirnya meleleh menjadi cair. Contoh termoplastik adalah polyethylene, *polypropylene*, dan polystyrene.

Polypropylene atau yang sering disebut PP adalah plastik dengan titik leleh tinggi yaitu 160°C (Khafidh, M. 2020). *Polypropylene* biasanya digunakan

dalam pembuatan botol minuman, ember, kotak makanan, dan wadah penyimpanan makanan lainnya yang dapat dipakai berulang-ulang. Bahan ini merupakan jenis plastik terbaik yang bisa digunakan sebagai kemasan makanan dan minuman, karena mampu mencegah terjadinya reaksi kimia dan tahan terhadap panas. Pada penelitian ini plastik yang digunakan adalah plastik jenis PP (*Polypropylene*) karena plastik ini penggunaannya cukup banyak digunakan di Indonesia.

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

- a. Titik lebur *Polypropylene* : 160 – 165 ° C
- b. Density : 0,904 – 0,908 g / cm³
- c. Kekuatan Tarik : 45 MPa (megapascal) setara dengan sekitar 6,527 psi (pounds per square inch)
- d. Kekuatan Impak : 4 kJ/m²

Berikut adalah gambar biji plastik *Polypropylene*.

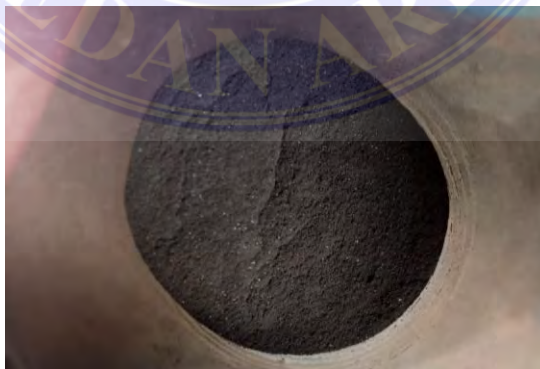


Gambar 2.6 *Polypropylene (PP)*

2.4.2 Serbuk Arang Aktif

Serbuk arang aktif atau lebih tepatnya activated charcoal adalah bubuk halus berwarna hitam yang memiliki daya serap tinggi (Manoppo, I. C. 2019). Charcoal bisa berasal dari kayu, gambut, batu bara, atau batok kelapa yang dipanaskan dengan suhu tinggi. Untuk meningkatkan sifat tertentu, epoxy dapat diisi dengan filler yang murah tetapi menghasilkan sifat penguatan mekanik dan konduktivitas termal yang baik. Serbuk arang tempurung kelapa adalah suatu bahan material yang berbentuk butiran atau bubuk.

Pada umumnya nilai kalor yang terkandung dalam arang kelapa adalah berkisar antara 18200 kJ/kg hingga 19339,05 kJ/kg (Fathurrahman, F. 2021). Keunggulan serbuk arang tempurung kelapa mudah didapatkan, harganya yang murah, tahan panas, mudah menyerap air dan lain sebagainya. Kelemahan arang tempurung kelapa mudah hancur. Serbuk arang tempurung kelapa bisa digunakan sebagai pengisi dan penguat bahan komposit keramik, tahanan terhadap aus, tidak mudah retak dan mempunyai daya pengikat dengan matriks yang baik. Serbuk arang aktif diperlihatkan pada gambar 2.7.



Gambar 2.7 Serbuk Arang Aktif

2.5 *Stainless Steel*

Stainless steel atau biasa disebut baja tahan karat adalah istilah umum yang mengacu pada berbagai jenis baja. Seperti semua jenis baja lainnya, *stainless steel* merupakan paduan dari besi dan karbon. Yang membedakan *Stainless Steel* adalah penambahan kromium (Cr) dan elemen paduan lainnya seperti nikel (Ni) untuk membuat produk tahan korosi. Paduan besi dengan minimal 12% Chromium. Kelebihan dan kekurangan *stainless steel* sebagai berikut :

- a. Anti korosi
- b. Kuat pada suhu rendah dan tinggi
- c. Tampilan yang modern
- d. Higienis
- e. Perawatan mudah

Kekurangan *Stainless Steel* sebagai berikut :

- a. Biaya mahal
- b. Sulit dalam mengelas

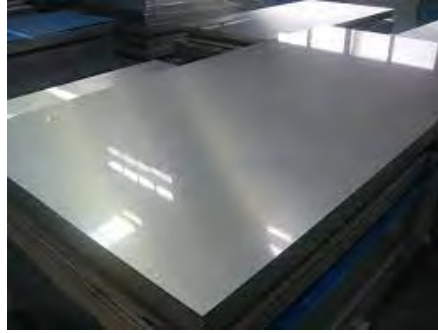
Stainless steel bisa juga digunakan pada material bahan pembuatan mesin dan memiliki nilai konduktivitas termal sebesar 16 W/m .°K (Fanani, A. R., Sahbana, M. A., & Suwandono, P. 2021).

Berikut beberapa nilai konduktivitas termal dari beberapa logam ditunjukkan pada tabel 2.4.

Tabel 2.4 Nilai Konduktivitas Termal Dari Beberapa Logam

Bahan	Satuan (W/m °K)
Aluminium	237
Stainless Steel	16
Besi	79
Emas	314
Intan	2000
Tembaga	390
Kuningan	151

Stainless steel diperlihatkan pada gambar 2.8

Gambar 2.8 Plat *Stainless Steel*

2.6 Sistem Pemanas

Proses pemanasan pada mesin *internal mixer* menggunakan *heater* elektrik bersuhu maksimal 300°C. input yang digunakan pada *heater* adalah 12V-24V 10A. Suhu yang diperlukan untuk melelehkan polimer adalah 165°C dan suhu yang diperlukan untuk menyatukan bubuk karbon aktif dan polimer menjadi suatu material yang homogen. *Electrical Heating Element* atau elemen pemanas listrik banyak dipakai dalam kehidupan sehari-hari, baik didalam rumah tangga ataupun peralatan dan mesin industri. Elemen pemanas merupakan alat yang berfungsi sebagai salah satu kegiatan kerja untuk mendapatkan suhu rendah suatu zat sampai ke suhu tinggi.

Sumber panas yang dihasilkan oleh elemen pemanas listrik ini berasal dari kawat ataupun pita bertahanan listrik tinggi (*Resistance Wire*) biasanya bahan yang digunakan adalah kawat niklin yang digulung menyerupai bentuk spiral dan dimasukkan dalam selongsong/pipa sebagai pelindung, kemudian dialiri arus listrik pada kedua ujungnya dan dilapisi oleh isolator listrik yang mampu meneruskan panas dengan baik hingga aman jika digunakan. Bentuk dan type dari *Electrical Heating Element* ini bermacam macam disesuaikan dengan fungsi, tempat pemasangan dan media yang akan di panaskan.

2.7 Elemen Pemanas Listrik Bentuk Dasar

Elemen pemanas listrik bentuk dasar yaitu elemen pemanas dimana *Resistance Wire* hanya dilapisi oleh isolator listrik, macam-macam elemen pemanas bentuk ini adalah *Coil Heater* dan *Infra Red Heater*.

a. Coil heater

Coil heater adalah pemanas dengan bentuk spiral yang terbuat dari kawat nikelin. Bentuknya yang seperti gulungan kawat tidak tertutup isolator ataupun pipa selongsong cocok untuk memanaskan udara, panas yang dihasilkan langsung di transfer ke udara sekitarnya. Pemasangan *heater* ini menggunakan gagang pemegang dengan bahan isolator listrik yang baik dan tahan panas tinggi seperti : keramik, mika, asbes dll. Cocok untuk digunakan pada kompor listrik dan oven dimana media yang akan dipanaskan tidak langsung mengenai gulungan *heater* ini. *Coil heater* diperlihatkan pada gambar 2.9.



Gambar 2.9 Coil Heater

b. Infra Red Heater

Infra red heater digunakan sebagai sumber panas radiasi, dimana permukaan keramik. *Heater* jenis ini banyak digunakan untuk memanaskan benda-benda yang hasil permukaannya mengkilap seperti pada pengeringan hasil pengecatan atau pewarnaan, pengeringan hasil sablon dan lain-lain. *Infra red heater* diperlihatkan pada gambar 2.10.

Gambar 2.10 *Infra Red Heater*

2.8 Elemen Pemanas Listrik Bentuk Lanjut

Elemen pemanas listrik bentuk lanjut merupakan elemen pemanas dari bentuk dasar yang dilapisi oleh pipa atau lembaran plat logam untuk maksud sebagai penyesuaian terhadap penggunaan dari elemen pemanas tersebut. Bahan logam yang biasa digunakan adalah : *mild stell*, *stainless stell*, tembaga dan kuningan. *Heater* yang termasuk dalam jenis dan ini adalah : *Tubular heater*, *Catridge heater*, *Band nozzle heater* dan *stripe heater*.

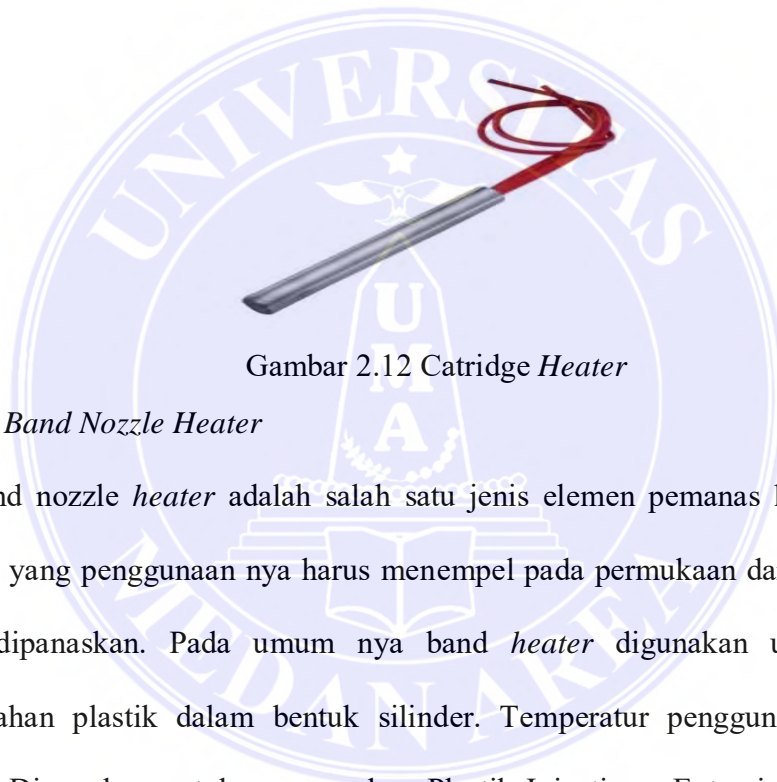
a. Tubular Heater

Tubular heater ini paling banyak bentuknya, namun bisa digolongkan menurut pemakaiannya yaitu : *Tubular heater* standar berbentuk lurus, U form, W form multyform ataupun *over the side heater* yang digunakan untuk memanaskan udara atau cairan. *Turbular heater* diperlihatkan pada gambar 2.11.

Gambar 2.11. *Tubular Model Standar*

b. *Catridge Heater*

Catridge heater merupakan elemen pemanas listrik berbentuk peluru (*cartridge*) dengan kedua terminal terletak pada satu sisi penampang bulat pipa. Bahan pipa yang digunakan untuk pembuatan *cartridge heater* pada umumnya adalah *stainless steel 304* dimana dimensinya disesuaikan dengan kebutuhan. Maksimum penggunaan *catridge* adalah 250°C. *Catridge heater* diperlihatkan pada gambar 2.12.



Gambar 2.12 *Catridge Heater*

c. *Band Nozzle Heater*

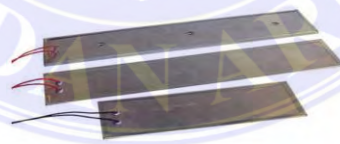
Band nozzle heater adalah salah satu jenis elemen pemanas listrik/ heating elemen yang penggunaannya harus menempel pada permukaan dari bidang yang ingin dipanaskan. Pada umumnya *band heater* digunakan untuk aplikasi pengolahan plastik dalam bentuk silinder. Temperatur penggunaan maksimal 250°C. Digunakan untuk memanaskan Plastik Injections, *Extrusion Barrels* dan *Nozzle Blow Moulders*, Pipe, Holding Tanks, Drums, dan bermacam-macam permukaan silinder. *Band nozzle heater* diperlihatkan pada gambar 2.13.



Gambar 2.13 *Band Nozzle Heater*

d. *Stripe Heater*

Stripe heater merupakan suatu penghantar sumber panas yang dapat yang memiliki kelebihan serbaguna karena pemakaiannya secara ideal dapat disesuaikan untuk kontak langsung pada objek yang dipanaskan atau untuk menyebarkan panas ke daerah yang diinginkan. *Stripe heater* biasanya digunakan pada permukaan yang datar seperti hot plate dan sebagainya. *Stripe heater* diperlihatkan pada gambar 2.14.



Gambar 2.14 *Stripe Heater*

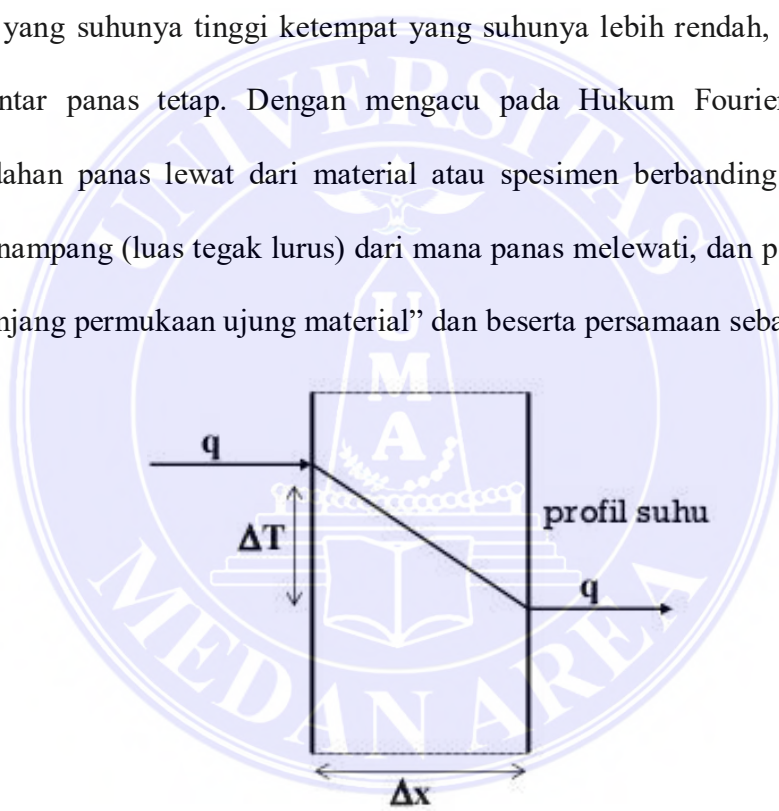
2.9 Perpindahan Panas

Perpindahan panas adalah ilmu yang mempelajari tentang laju perpindahan panas di antara material atau benda karena adanya perbedaan suhu (Burhani, K., Ramelan, R., & Naryanto, R. F. 2014). Perbedaan temperatur menjadi hal untuk terjadinya perpindahan kalor. Perpindahan panas dapat terjadi secara konduksi,

konveksi dan radiasi. Dalam pembuatan mesin *internal mixer* terdapat elemen pemanas. Elemen pemanas tersebut digunakan untuk melelehkan biji plastik. Analisis perpindahan panas sangat diperlukan, bertujuan mengetahui kebutuhan energi panas yang dibutuhkan saat proses pengolahan komposit pada mesin *internal mixer*.

2.9.1 Konduksi

Konduksi adalah proses perpindahan panas jika panas mengalir dari tempat yang suhunya tinggi ketempat yang suhunya lebih rendah, dengan media penghantar panas tetap. Dengan mengacu pada Hukum Fourier yaitu “Laju perpindahan panas lewat dari material atau spesimen berbanding lurus dengan luas penampang (luas tegak lurus) dari mana panas melewati, dan perbedaan suhu di sepanjang permukaan ujung material” dan beserta persamaan sebagai berikut :



$$q = -kA \frac{\Delta T}{\Delta x} \dots\dots\dots(2.1)$$

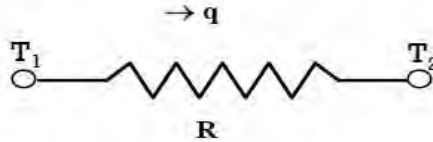
Dimana :

- q = laju perpindahan kalor (J/s atau W)
- L = Tebal penampang (m²)
- k = konduktivitas termal (W/m.°C)

ΔT = perubahan suhu ($^{\circ}\text{C}$)

ΔX = Perubahan jarak (m)

Persamaan perpindahan panas dapat dinyatakan dalam aliran listrik sebagai berikut :



$$I = \frac{V}{R} \cong q = -kA \frac{\Delta T}{\Delta x} \dots \dots \dots (2.2)$$

$$q = -\frac{\Delta T}{R} = -\frac{(T_2 - T_1)}{kA/\Delta X} \dots \dots \dots (2.3)$$

$$q = \frac{\Delta T}{R} = \frac{T_1 - T_2}{kA/\Delta X} \dots \dots \dots (2.4)$$

Dimana :

q = Laju Perpindahan Panas (kj /s,W)

k = Konduktifitas Termal (W/m. $^{\circ}\text{C}$)

A = Luas Penampang (m 2)

dT = Perbedaan Temperatur ($^{\circ}\text{C}$)

dX = Perbedaan Jarak (m / det)

ΔT = Perubahan Suhu ($^{\circ}\text{C}$)

Δx = Perubahan Jarak (m /s)

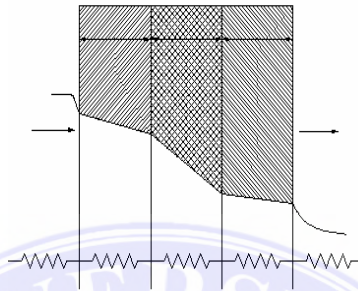
I = Kuat Arus Listrik (A)

V = Tegangan Listrik (V)

R = Hambatan (Ω)

a. Perpindahan panas konduksi pada bidang datar berlapis

Perpindahan panas pada bidang datar berlapis terjadi pada elemen pemanas yang melewati bagian dalam pada end plat dan *barrel* pada mesin *internal mixer*



Persamaan perpindahan panas konduksi bidang berlapis adalah sebagai berikut :

$$q = \frac{T_1 - T_4}{\frac{\Delta x_1}{k_1 A} + \frac{\Delta x_2}{k_2 A} + \frac{\Delta x_3}{k_3 A} + \frac{\Delta x_4}{k_4 A}} \dots \dots \dots (2.5)$$

Dimana :

q = Laju Perpindahan Panas (kj /s,W)

k = Konduktifitas Termal (W/m.°C)

A = Luas Penampang (m²)

ΔT = Perubahan Suhu (°C)

Δx = Perubahan Jarak (m /s)

2.9.2 Konveksi

Konveksi adalah perpindahan kalor atau panas melalui zat perantara, di mana zat perantaranya ikut berpindah bersama kalor.

Jadi, pada konveksi, kalor akan memanaskan zat perantara sehingga mengalami peningkatan suhu, selanjutnya keduanya sama-sama berpindah ke titik dengan suhu yang lebih rendah.

Persamaan perpindahan panas konveksi adalah sebagai berikut :

$$q = h \cdot A \cdot \Delta T \dots \dots \dots (2.6)$$

Dimana :

- q = laju perpindahan kalor (J).
- h = koefisien konveksi termal (W/m.K).
- A = luas permukaan (m²).
- ΔT = perbedaan suhu (K).

a. Bilangan Nusselt

Bilangan Nusselt adalah bilangan yang menyatakan perbandingan antara perpindahan kalor konveksi pada lapisan fluida dibanding perpindahan kalor konduksi pada lapisan fluida tersebut. Persamaan bilangan Nusselt adalah

Bilangan Nusselt adalah bilangan Nusselt menyatakan perbandingan antara perpindahan kalor konveksi pada lapisan fluida dibanding perpindahan konduksi pada lapisan fluida tersebut. Semakin besar nilai bilangan nusselt maka konveksi yang terjadi semakin efektif

$$N_{Nu} = \frac{h \cdot D}{k} \dots \dots \dots (2.7)$$

Dimana :

- N_{Nu} = Bilangan nusselt
- h = Koefisien perpindahan panas konveksi (W/m².K)
- D = Diameter shell (m)
- k = Koefisien perpindahan panas konduksi (W/m.K)

b. Bilangan Reynold

Bilangan reynold menyatakan bahwa pada aliran laminar molekul fluida mengalir mengikuti garis aliran secara teratur. Aliran turbulen terjadi saat molekul-molekul fluida mengalir secara acak tanpa mengikuti garis aliran. Aliran transisi berada diantara kondisi laminar dan turbulen. Persamaan bilangan reynold sebagai berikut :

$$N_{Re} = \frac{D \cdot v \cdot \rho}{\mu} \dots\dots\dots(2.8)$$

Dimana :

- N_{Re} = Bilangan Reynold
- D = Diameter Hidrolik (m)
- v = Kecepatan aliran (m/s)
- ρ = Massa Jenis (kg/m³)
- μ = Viskositas Dinamis Fluida (kg/m.s)

c. Bilangan Prandtl

Bilangan prandtl merupakan perbandingan ketebalan lapis batas kecepatan dengan lapis batas termal. Bilangan prandtl dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut :

$$Pr = \frac{v}{\alpha} = \frac{\mu C_p}{k} \dots\dots\dots(2.9)$$

Dimana :

- P_r = Bilangan Prandtl
- ν = Viskositas kinematik (m²/s)

- α = Diffusitas termal (m^2/s)
- k = Konduktifitas termal (W)
- μ = Viskositas Dinamis Fluida ($kg/m.s$)

2.9.3 Perpindahan Panas Menyeluruh

Kofisien perpindahan panas kalor menyeluruh dinyatakan dalam simbol U hasil gabungan dari proses perpindahan panas konveki dan konduksi. Berikut persamaannya :

$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_1} + \frac{1}{h_2} + \frac{\Delta x}{k}} \dots \dots \dots (2.10)$$

Koefisien perpindahan panas menyeluruh dimana A adalah luas bidang aliran kalor. Sehingga persamaan (2.10) menjadi:

$$q = U \cdot A \cdot \Delta T \dots \dots \dots (2.11)$$

dimana :

- q = Laju perpindahan panas menyeluruh (W)
- U = Koefisien perpindahan panas menyeluruh (W/m^2K)
- A = Luas penampang (m)
- ΔT = Selisih temperatur ($^{\circ}C$)

Atau persamaan (2.12) menjadi :

$$q = \frac{A (T_A - T_B)}{\frac{1}{h_1} + \frac{1}{h_2} + \frac{\Delta x}{k}} \dots \dots \dots (2.13)$$

2.9.4 Radiasi

Laju perpindahan kalor termal yang dipancarkan dengan cara radiasi oleh suatu benda secara empiris ditemukan oleh Josef Stefan di tahun 1879. Stefan mengemukakan bahwa laju perpindahan kalor termal yang dipancarkan secara radiasi oleh suatu benda sebanding dengan luas permukaan pada benda dan pangkat empat suhu absolutnya. Hasil empiris diturunkan dengan teoritis oleh Ludwig Boltzmann di tahun 1884 yang dikenal dengan hukum Stefan-Boltzmann yang bisa dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut:

$$q_r = e \cdot \sigma \cdot A \cdot T^4 \dots\dots\dots(2.14)$$

Dimana:

- q = Daya yang diradiasikan (watt)
- e = Emisivitas suatu benda (0 < e < 1)
- σ = Konstanta Stefan (5,6703 x 10⁻⁸ W/m²K⁴).
- A = Luas suatu benda yang memancarkan radiasi (m²)
- T = Suhu (K)

2.10 Waktu Pemanasan dan Melelehkan Biji Plastik

Untuk mengetahui waktu pemanasan dan untuk melelehkan biji plastik dapat diketahui melalui persamaan berikut :

$$W_{listrik} = \text{Energi panas}$$

$$P \cdot t = (m \cdot L) + m \cdot C \cdot \Delta T$$

$$t = \frac{(m \cdot L) + m \cdot C \cdot \Delta T}{P} \dots\dots\dots(2.15)$$

Dimana :

P = Daya dari $V \cdot I$ (W)

m = Massa jenis

L = Kalor lebur

C = kalor jenis benda

ΔT = Perubahan waktu

t = Waktu

2.11 Metode Taguchi

Metode taghuchi adalah ide atau gagasan dari Dr. Genichi Taguchi mengenai *quality engineering* telah digunakan selama beberapa tahun di Jepang. Pada tahun 1980-an ide beliau mengenai desain eksperimen telah diperkenalkan di dunia barat. Sasaran *quality engineering* adalah merancang kualitas ke dalam tiap-tiap produk dan proses yang sesuai. Usaha peningkatan kualitas ini dikenal sebagai metode *off-line quality control* (Wuryandari, T., Widiharih, T., & Anggraini, S. D. 2009).

Metode Taguchi merupakan perbaikan kualitas dengan metode percobaan “baru”, artinya melakukan pendekatan lain yang memberikan tingkat kepercayaan yang sama dengan SPC (*Statistical Proses Control*). Metode *off-line* Taguchi sangat efektif dalam peningkatan kualitas dan juga mengurangi biaya. Rekayasa kualitas yang diusulkan Taguchi bertujuan agar performansi produk/prosesnya tidak sensitif atau tangguh terhadap faktor yang sulit dikendalikan. Taguchi memperkenalkan sebuah metode perancangan terintegrasi yang dikenal sebagai tiga tahapan Metode Taguchi, sebagai berikut:

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

3.2 Bahan dan Alat

3.2.1 Alat

Peralatan yang digunakan pada penelitian analisis perpindahan panas antara lain cartridge *heater*, thermocouple, termostat dan stopwatch.

a. Cartridge *Heater*

Cartridge *heater* merupakan elemen pemanas listrik berbentuk peluru (cartridge) dengan kedua terminal terletak pada satu sisi penampang silinder. Bahan yang digunakan untuk pembuatan cartridge *heater* pada umumnya adalah *stainless steel* 304 dimana dimensinya disesuaikan pada mesin *internal mixer*. Spesifikasi cartridge *heater* sebagai berikut :

1. Ukuran *Heater* : 80 x 100 mm/0.4 x 4.0 inch
2. Temperature : Max 300 °C
3. Voltage: AC 220 V
4. Daya: 300 W
5. Wire length: 275 mm

Cartridge *heater* diperlihatkan pada gambar 3.1



Gambar 3.1 Cartridge *Heater*

b. *Thermostat*

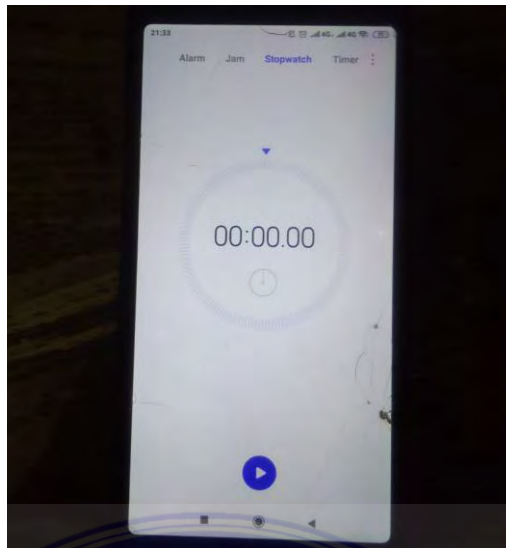
Thermostat merupakan alat yang berfungsi memutuskan dan menyambungkan arus listrik saat mendeteksi perubahan suhu di lingkungan sekitarnya sesuai dengan pengaturan suhu yang ditentukan. *Thermostat* yang digunakan disini adalah *thermostat* elektro mekanik. *Thermostat* diperlihatkan pada gambar 3.2.



Gambar 3.2 *Thermostat*

c. *Stopwatch*

Stopwatch adalah alat penghitung waktu yang dipakai untuk mengetahui lama nya waktu yang diperlukan. Dalam penelitian kali ini stopwatch digunakan untuk mengetahui berapa lama biji plastik meleleh, dan sebagainya. *Stopwatch* diperlihatkan pada gambar 3.3



Gambar 3.3 Stopwatch

d. *Thermocouple*

Temperatur indikator digunakan untuk mengukur suhu dalam tungku pelebur dengan jenis *thermocouple* yang mampu mengukur suhu sampai 1200°C.

Thermocouple memiliki spesifikasi sebagai berikut :

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

Thermocouple diperlihatkan pada gambar 3.4



Gambar 3.4 *Thermocouple*

e. *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 3.5 dibawah ini



Gambar 3.5 *Scanning Electron Microscope*

3.2.2 Bahan

a. Biji Plastik Polimer

Polypropylene (PP) adalah plastik dengan titik leleh tinggi yaitu 160°C. Bahan ini merupakan jenis plastik yang bisa digunakan sebagai kemasan makanan dan minuman, karena mampu mencegah terjadinya reaksi kimia dan tahan terhadap panas. Pada penelitian ini biji plastik yang digunakan adalah jenis *Polypropylene*.

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

1. Titik lebur *Polypropylene* : 160° C
2. Density : 0,904 – 0,908 g / cm³

3. Kekuatan Tarik : 45 MPa (megapascal) setara dengan sekitar 6,527 psi
(pounds per square inch)
4. Kekuatan Impak : 4 kJ/m²

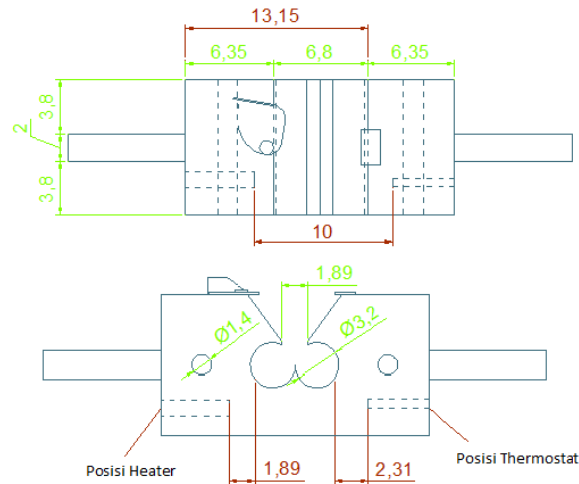
Biji plastik *Polypropylene (PP)* diperlihatkan pada gambar 3.6.



Gambar 3.6 Biji Plastik *Polypropylene (PP)*

b. *Barrel*

Barrel adalah salah satu bagian dari mesin *internal mixer* tempat dimana terjadi pemrosesan atau pembentukan material komposit. *Barrel* ini adalah bagian terpenting dari mesin *internal mixer* karena didalamnya terdapat twin blade yang dilengkapi dengan elemen pemanas *internal mixer* diperlihatkan pada gambar 3.7.

Gambar 3.7 *Barrel Internal Mixer*

c. Serbuk Arang Aktif

Serbuk arang aktif dapat berasal dari kayu, gambut, batu bara, atau batok kelapa yang dipanaskan dengan suhu tinggi dan menjadi campuran *reinforcement* pembuatan komposit. Serbuk arang karbon aktif yang digunakan dalam penelitian ini adalah serbuk arang aktif batok kelapa yang di haluskan dengan saringan mesh 80 secara manual. Nilai kalor yang terkandung pada serbuk arang kelapa berkisar 18200 kJ/kg-19339,05 kJ/kg.

Berikut karakteristik serbuk arang aktif :

1. Mesh 80
2. Nilai kalor 18200-19339,05 kJ/kg.

Serbuk arang diperlihatkan pada gambar 3.8.



Gambar 3.8 Serbuk Arang Aktif

3.3 Metode Penelitian

3.3.1 Sistematika Penelitian

Sistematika pada analisis perpindahan panas pada mesin *internal mixer* adalah sebagai berikut:

- a. Studi literatur, yaitu berkaitan dengan masalah yang dibahas baik dari membaca di perpustakaan dan internet yang berfungsi untuk mendukung pendahuluan, studi pustaka, dan landasan teori.
- b. Observasi lapangan untuk mendapatkan data saat proses pemanasan menggunakan elemen pemanas cartridge *heater*
- c. Melakukan perhitungan terhadap nilai kalor dan laju perpindahan panas dari elemen pemanas ke tungku peleburan.
- d. Menarik kesimpulan.

3.3.2 Parameter Pengukuran

Parameter yang diukur dalam analisis perpindahan panas pada mesin *internal mixer* adalah sebagai berikut:

- a. Parameter I yaitu suhu *heater* 200°C, putaran mata pisau 25 rpm, waktu tahan 15 menit
- b. Parameter II yaitu suhu *heater* 250°C, putaran mata pisau 50 rpm, waktu tahan 20 menit
- c. Parameter III yaitu suhu *heater* 300°C, putaran mata pisau 75 rpm, waktu tahan 25 menit

3.3.3 Prosedur Penelitian

Langkah – langkah prosedur pelaksanaan penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Menyiapkan peralatan dan bahan penelitian.
- b. Atur suhu *Heater* menggunakan *thermostat* sampai 200 °C.
- c. Gunakan termocouple untuk mengetahui suhu pada *barrel*.
- d. Diperlukan waktu 16 menit untuk mencapai suhu 200 °C.
- e. Saat *barrel* mencapai suhu 200 °C, masukkan biji plastik jenis PP ke dalam *barrel*.
- f. Hidupkan mesin *internal mixer*.
- g. Lelehkan biji plastik PP dalam *barrel*.
- h. Dibutuhkan waktu 24 menit untuk melelehkan biji plastik.
- i. Setelah biji plastik meleleh, masukkan serbuk karbon arang aktif.

- j. Lakukan waktu tahan 15 menit, lihat perubahan suhu *barrel* pada *barrel* menggunakan termocouple.
- k. Lakukan waktu tahan 20 menit, lihat perubahan suhu *barrel* pada *barrel* menggunakan termocouple.
- l. Lakukan waktu tahan 25 menit, lihat perubahan suhu *barrel* pada *barrel* menggunakan termocouple.
- m. Matikan mesin *internal mixer* dan keluarkan komposit dari *barrel*.

3.3.4 Analisis Data

Analisis data setelah mendapatkan semua data langkah selanjutnya melakukan perhitungan terhadap parameter sebagai berikut:

- a. Persamaan koefisien perpindahan panas
- b. Persamaan perpindahan panas pada ruang aduk

Setelah semua perhitungan dilaksanakan selanjutnya dilakukan analisis perpindahan panas terhadap variasi waktu tahan pada mesin *internal mixer*, kemudian ditarik kesimpulan.

3.4 Populasi dan Sampel

Pada penelitian perpindahan panas mesin internal mixer menggunakan bahan biji plastik PP dan serbuk arang tempurung kelapa. Terdapat jenis populasi yang digunakan sejumlah 9 populasi. Variasi suhu pada penelitian ini adalah 200°C, 250°C, dan 300°C. putaran mesin yang digunakan 25 rpm, 50 rpm dan 75 rpm. Lalu penggunaan variasi waktu adalah 15 menit, 20 menit dan 25 menit.

Tabel 3.4 Populasi Spesimen

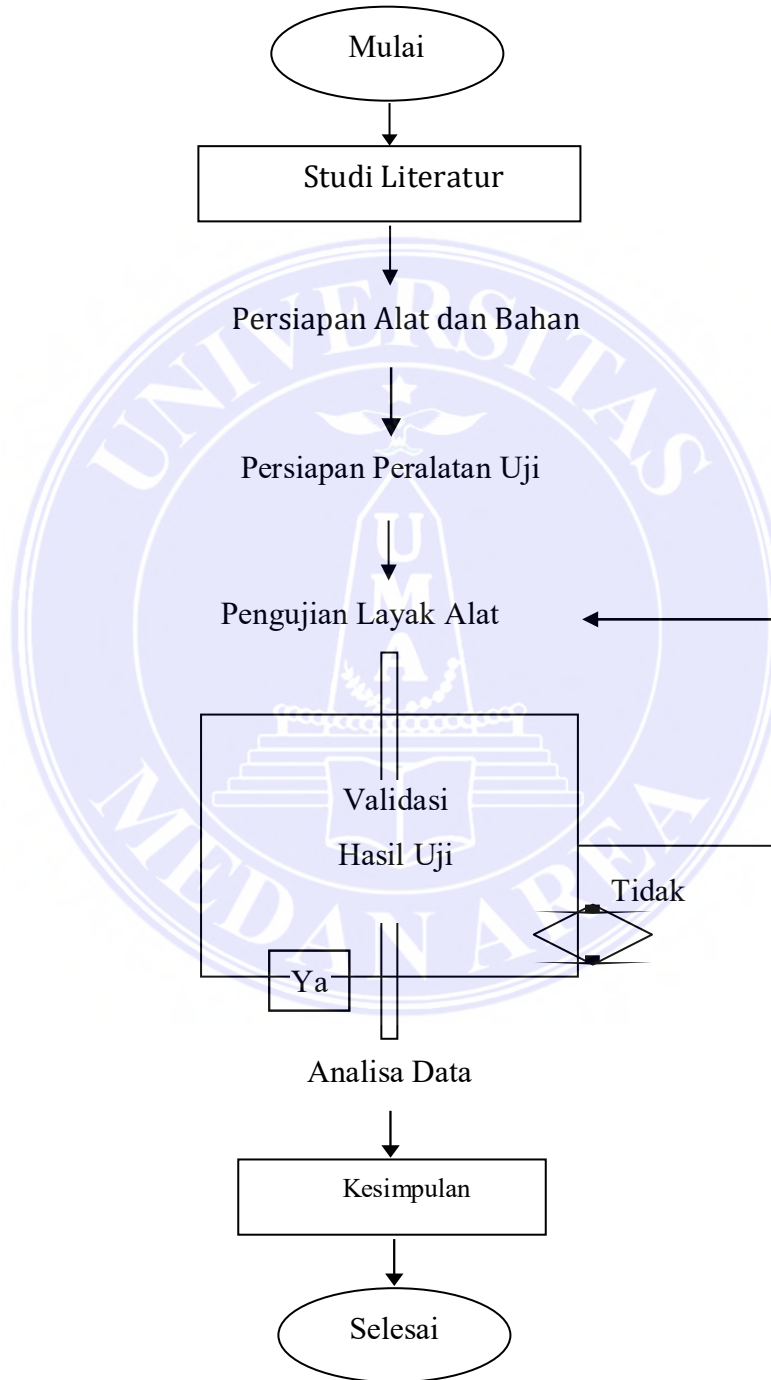
No	Jenis Populasi	Waktu Tahan	Putaran	Populasi
1	Suhu 200°C	15 Menit	25 rpm	3
2	Suhu 250°C	20 Menit	50 rpm	3
3	Suhu 300°C	25 Menit	75 rpm	3
Jumlah				9

3.5 Prosedur Kerja

- a. Berikut adalah prosedur kerja mesin internal mixer skala laboratorium :
- b. Menyiapkan peralatan dan bahan penelitian.
- c. Atur suhu *Heater* menggunakan *thermostat* .
- d. Gunakan termocouple untuk mengetahui suhu pada *barrel*.
- e. Saat *barrel* mencapai suhu yang dibutuhkan, masukkan biji plastik jenis PP ke dalam *barrel*.
- f. Hidupkan mesin *internal mixer*.
- g. Lelehkan biji plastik PP dalam *barrel*.
- h. Setelah biji plastik meleleh, masukkan serbuk karbon arang aktif.
- i. Lakukan penelitian suhu yang diperlukan untuk mencampur serbuk karbon arang aktif dan plastik PP.
- j. Matikan mesin *internal mixer* dan keluarkan komposit dari *barrel*.
- k. Bersihkan barrel dan ruang aduk dari sisa-sisa sampel

1. Lakukan kembali prosedur proses penelitian pada parameter yang telah ditentukan.

3.5.1 Diagram Alir Penelitian



BAB V

SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Kesimpulan yang didapat berdasarkan hasil penelitian dan pengambilan data dapat dinyatakan bahwa :

- a. Perpindahan panas yang terjadi pada ruang aduk *barrel* mesin *internal mixer* adalah secara konveksi
- b. Hasil pencampuran karbon aktif 25 gram dan biji plastik polypropylen 25 gram tidak homogen. Karena hasil F hitung lebih kecil dari pada F tabel.

5.2 Saran

Saran yang dapat disampaikan untuk penelitian selanjutnya berdasarkan penelitian yang sudah dilakukan adalah :

- a. Gunakan elemen pemanas lebih dari satu agar suhu yang diperlukan untuk melelehkan biji plastik lebih cepat tercapai.
- b. Gunakan 2 alat termocouple agar dapat mengetahui suhu pada *heater* dan *barrel* lebih akurat.

DAFTAR PUSTAKA

- Supu, I., Usman, B., Basri, S., & Sunarmi, S. (2017). Pengaruh suhu terhadap perpindahan panas pada material yang berbeda. *Dinamika*, 7(1), 62-73.
- Market Prospects (2022) *Apa itu Proses Pengaduk dan Pencampuran Karet?* Available at: <https://www.market-prospects.com/articles/what-is-the-rubber-mixer-and-mixing-process> (Accessed: 16 May 2023).
- Kawanishi, K., & Yagii, K. (1990). Flow analysis in an *internal mixer*. *International Polymer Processing*, 5(3), 173-177.
- Drobny, J. G. (2014). *Handbook of thermoplastic elastomers*. Elsevier.
- Widodo, E., & Huda, M. (2016). Optimasi Holding Time Untuk Mendapatkan Kekerasan Baja S 45 C. *REM (Rekayasa Energi Manufaktur) Jurnal*, 1(1), em-vli1.
- Nugraha, M. D. A. (2020). *Pengaruh Struktur Penyusunan Filler/Serat Kulit Jagung Pada Komposit Resin Polyester Terhadap Uji Bending Sebagai Pengganti Plafon* (Doctoral Dissertation, Politeknik Negeri Sriwijaya).
- Atika, S. N. (2015). *Pemanfaatan Limbah Ampas Tahu Sebagai Bahan Baku Pembuatan Plastik Biodegradable Dengan Plasticizer Gliserin* (Doctoral dissertation, Politeknik Negeri Sriwijaya).
- Khafidh, M. (2020). Pengaruh Suhu dan Jenis Plastik dalam Pembuatan Biji Plastik pada Mesin Extruder.
- MANOPPO, I. C. (2019). *Inovasi Pembuatan Kue Choux Dengan Penambahan Bahan Charcoal Sebagai Alternatif Menu Dessert* (Doctoral dissertation, Politeknik Negeri Manado).
- Fathurrahman, F. (2021). *Konduktivitas Termal Epoxy Ber-Filler Serbuk Arang Tempurung Kelapa* (Doctoral dissertation, Universitas Mataram).
- Fanani, A. R., Sahbana, M. A., & Suwandono, P. (2021). Pengaruh konduktivitas thermal pada hot cylinder mesin stirling menggunakan energi surya terkonsentrasi. *Turbo: Jurnal Program Studi Teknik Mesin*, 10(2).
- Burhani, K., Ramelan, R., & Naryanto, R. F. (2014). Pengembangan Media Pembelajaran Perpindahan Panas Radiasi Dengan Variasi Beda Perlakuan

- Permukaan Spesimen Uji. *Journal of Mechanical Engineering Learning*, 3(2).
- Bai, Y., Sundararaj, U., & Nandakumar, K. (2011). Nonisothermal modeling of heat transfer inside an internal batch mixer. *AIChE journal*, 57(10), 2657-2669.
- Nakajima, N., Harrell, E. R., & Seil, D. A. (1982). Energy balance and heat transfer in mixing of elastomer compounds with the *internal mixer*. *Rubber Chemistry and Technology*, 55(2), 456-468.
- Wuryandari, T., Widiharih, T., & Anggraini, S. D. (2009). Metode Taguchi untuk optimalisasi produk pada rancangan faktorial. *Media Statistika*, 2(2), 81-92.
- Masta, N. (2020). Buku Materi Pembelajaran Scanning Electron Microscopy.
- 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.
- Cengel, Y., & Heat, T. M. (2003). A practical approach. *Heat and Mass Transfer*.

LAMPIRAN 1. Perhitungan koefisien konveksi

PROPERTY TABLES AND CHARTS							
TABLE A-9							
Properties of air at 1 atm pressure							
Temp. $T, ^\circ\text{C}$	Density $\rho, \text{kg/m}^3$	Specific Heat c_p $\text{J/kg}\cdot\text{K}$	Thermal Conductivity $k, \text{W/m}\cdot\text{K}$	Thermal Diffusivity $\alpha, \text{m}^2/\text{s}$	Dynamic Viscosity $\mu, \text{kg/m}\cdot\text{s}$	Kinematic Viscosity $\nu, \text{m}^2/\text{s}$	Prandtl Number Pr
-150	2.866	983	0.01171	4.158×10^{-6}	8.636×10^{-6}	3.013×10^{-6}	0.7246
-100	2.038	966	0.01582	8.036×10^{-6}	1.189×10^{-5}	5.837×10^{-6}	0.7263
-50	1.582	999	0.01979	1.252×10^{-5}	1.474×10^{-5}	9.319×10^{-6}	0.7440
-40	1.514	1002	0.02057	1.356×10^{-5}	1.527×10^{-5}	1.008×10^{-5}	0.7436
-30	1.451	1004	0.02134	1.465×10^{-5}	1.579×10^{-5}	1.087×10^{-5}	0.7425
-20	1.394	1005	0.02211	1.578×10^{-5}	1.630×10^{-5}	1.169×10^{-5}	0.7408
-10	1.341	1006	0.02288	1.696×10^{-5}	1.680×10^{-5}	1.252×10^{-5}	0.7387
0	1.292	1006	0.02364	1.818×10^{-5}	1.729×10^{-5}	1.338×10^{-5}	0.7362
5	1.269	1006	0.02401	1.880×10^{-5}	1.754×10^{-5}	1.382×10^{-5}	0.7350
10	1.246	1006	0.02439	1.944×10^{-5}	1.778×10^{-5}	1.426×10^{-5}	0.7336
15	1.225	1007	0.02476	2.009×10^{-5}	1.802×10^{-5}	1.470×10^{-5}	0.7323
20	1.204	1007	0.02514	2.074×10^{-5}	1.825×10^{-5}	1.516×10^{-5}	0.7309
25	1.184	1007	0.02551	2.141×10^{-5}	1.849×10^{-5}	1.562×10^{-5}	0.7296
30	1.164	1007	0.02588	2.208×10^{-5}	1.872×10^{-5}	1.608×10^{-5}	0.7282
35	1.145	1007	0.02625	2.277×10^{-5}	1.895×10^{-5}	1.655×10^{-5}	0.7268
40	1.127	1007	0.02662	2.346×10^{-5}	1.918×10^{-5}	1.702×10^{-5}	0.7255
45	1.109	1007	0.02699	2.416×10^{-5}	1.941×10^{-5}	1.750×10^{-5}	0.7241
50	1.092	1007	0.02735	2.487×10^{-5}	1.963×10^{-5}	1.798×10^{-5}	0.7228
60	1.059	1007	0.02808	2.632×10^{-5}	2.008×10^{-5}	1.896×10^{-5}	0.7202
70	1.028	1007	0.02881	2.780×10^{-5}	2.052×10^{-5}	1.995×10^{-5}	0.7177
80	0.9994	1008	0.02953	2.931×10^{-5}	2.096×10^{-5}	2.097×10^{-5}	0.7154
90	0.9718	1008	0.03024	3.086×10^{-5}	2.139×10^{-5}	2.201×10^{-5}	0.7132
100	0.9458	1009	0.03095	3.243×10^{-5}	2.181×10^{-5}	2.306×10^{-5}	0.7111
120	0.8977	1011	0.03235	3.565×10^{-5}	2.264×10^{-5}	2.522×10^{-5}	0.7073
140	0.8542	1013	0.03374	3.898×10^{-5}	2.345×10^{-5}	2.745×10^{-5}	0.7041
160	0.8148	1016	0.03511	4.241×10^{-5}	2.420×10^{-5}	2.975×10^{-5}	0.7014
180	0.7788	1019	0.03646	4.593×10^{-5}	2.504×10^{-5}	3.212×10^{-5}	0.6992
200	0.7459	1023	0.03779	4.954×10^{-5}	2.577×10^{-5}	3.455×10^{-5}	0.6974
250	0.6746	1033	0.04104	5.890×10^{-5}	2.760×10^{-5}	4.091×10^{-5}	0.6946
300	0.6158	1044	0.04418	6.871×10^{-5}	2.934×10^{-5}	4.765×10^{-5}	0.6935
350	0.5664	1056	0.04721	7.892×10^{-5}	3.101×10^{-5}	5.475×10^{-5}	0.6937
400	0.5243	1069	0.05015	8.951×10^{-5}	3.261×10^{-5}	6.219×10^{-5}	0.6948
450	0.4880	1081	0.05298	1.004×10^{-4}	3.415×10^{-5}	6.997×10^{-5}	0.6965
500	0.4565	1093	0.05572	1.117×10^{-4}	3.563×10^{-5}	7.806×10^{-5}	0.6986
600	0.4042	1115	0.06093	1.352×10^{-4}	3.846×10^{-5}	9.515×10^{-5}	0.7037
700	0.3627	1135	0.06581	1.598×10^{-4}	4.111×10^{-5}	1.133×10^{-4}	0.7092
800	0.3289	1153	0.07037	1.855×10^{-4}	4.362×10^{-5}	1.326×10^{-4}	0.7149
900	0.3008	1169	0.07465	2.122×10^{-4}	4.600×10^{-5}	1.529×10^{-4}	0.7206
1000	0.2772	1184	0.07868	2.398×10^{-4}	4.826×10^{-5}	1.741×10^{-4}	0.7260
1500	0.1990	1234	0.09599	3.908×10^{-4}	5.817×10^{-5}	2.922×10^{-4}	0.7478
2000	0.1553	1264	0.11113	5.664×10^{-4}	6.630×10^{-5}	4.270×10^{-4}	0.7539

Note: For ideal gases, the properties c_p , k , μ , and Pr are independent of pressure. The properties ρ , ν , and α at a pressure P (in atm) other than 1 atm are determined by multiplying the values of ρ at the given temperature by P and by dividing ν and α by P .

1. Perhitungan koefisien panas Parameter 1 ($T_{heater} = 200^\circ\text{C}$, $T_{Ruang\ aduk} = 113,8^\circ\text{C}$, $n = 25\text{ rpm}$, $t = 15$)

Tabel A-9 (properties of air 1 atm)

Diketahui :

$$T_s = 200^\circ\text{C}$$

$$T_\infty = 113,8^\circ\text{C}$$

$$T_{\text{film rata-rata}} = (T_{heater} + T_{\text{ruang aduk}})/2$$

$$T_{\text{film rata-rata}} = 156,9^\circ\text{C}$$

$$L = 0,0189\text{ m}^2$$

Dari T_{film} tersebut didapatkan nilai ν , k , dan Pr dari tabel diatas dan melakukan interpolasi

$$v = 0,000029393$$

$$k = 0,03489765 \text{ W/m}^\circ\text{C}$$

$$Pr = 0,7018$$

Dalam mencari nilai h parameter 1 juga perlu mengetahui nilai bilangan Rayleigh dan bilangan Nusselt.

$$Ra =$$

$$\frac{g \cdot \beta (T_s - T_\infty) (L)^3}{v^2} Pr$$

$$Nu = 0,54 \cdot Ra^{1/4}$$

$$h = \frac{k}{L} Nu$$

$$Ra = 10784,37$$

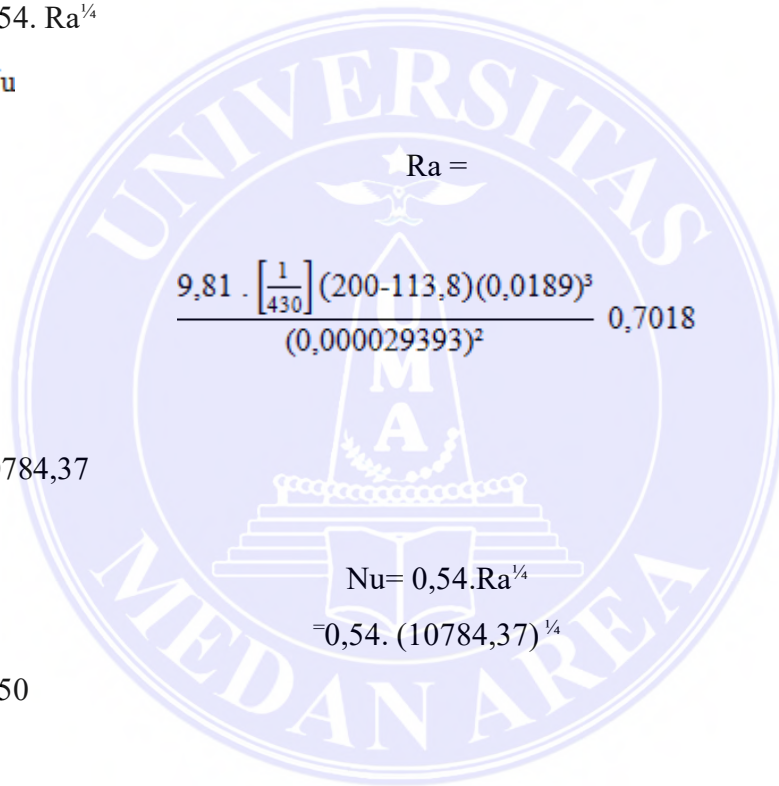
$$Nu = 5,50$$

Lalu dapat mencari nilai h

$$h =$$

$$\frac{0,03489765}{0,0189} \cdot 5,50$$

$$= 10,15 \text{ W/m}^2\text{C}$$



2. Perhitungan koefisien panas Parameter 2 ($T_{heater} = 250^{\circ}\text{C}$, $T_{\text{Ruang aduk}} = 187,8^{\circ}\text{C}$, $n = 50 \text{ rpm}$, $t = 20$)

Diketahui :

$$T_s = 250^{\circ}\text{C}$$

$$T_{\infty} = 187,8^{\circ}\text{C}$$

$$T_{\text{film rata-rata}} = (T_{heater} + T_{\text{ruang aduk}})/2$$

$$T_{\text{film rata-rata}} = 218,9^{\circ}\text{C}$$

$$L = 0,0189 \text{ m}^2$$

Dari T_{film} tersebut didapatkan nilai ν , k , dan Pr dari tabel diatas dan melakukan interpolasi

$$\nu = 0,00003695$$

$$k = 0,0390185 \text{ W/m}^{\circ}\text{C}$$

$$Pr = 0,6963$$

Dalam mencari nilai h parameter 2 juga perlu mengetahui nilai bilangan Rayleigh dan bilangan Nusselt.

$$Ra =$$

$$\frac{g \cdot \beta (T_s - T_{\infty}) (L)^3}{\nu^2} Pr$$

$$Nu = 0,54 \cdot Ra^{1/4}$$

$$h = \frac{k}{L} Nu$$

$$Ra = \frac{9,81 \cdot [1/492] (250 - 187,8) (0,0189)^3}{(0,00003695)^2} \cdot 0,6963$$

$$Ra = 4269,24$$

$$Nu = 0,54 \cdot Ra^{1/4} \\ = 0,54 \cdot (4269,24)^{1/4}$$

$$Nu = 4,36$$

Lalu dapat mencari nilai h

$$h =$$

$$\frac{0,0390185}{0,0189} \cdot 4,36$$

$$= 9,0 \text{ W/m}^2\text{°C}$$

3. Perhitungan koefisien panas Parameter 3 ($T_{heater} = 300^\circ\text{C}$, $T_{Ruang\ aduk} = 253,3^\circ\text{C}$, $n = 75 \text{ rpm}$, $t = 25$)

Diketahui :

$$T_s = 300^\circ\text{C}$$

$$T_\infty = 253,3^\circ\text{C}$$

$$T_{\text{film rata-rata}} = (T_{heater} + T_{\text{ruang aduk}})/2$$

$$T_{\text{film rata-rata}} = 276,65^\circ\text{C}$$

$$L = 0,0189 \text{ m}^2$$

Dari T_{film} tersebut didapatkan nilai ν , k , dan Pr dari tabel diatas dan melakukan interpolasi

$$\nu = 0,0000445$$

$$k = 0,04271 \text{ W/m} \cdot ^\circ\text{C}$$

$$Pr = 0,6940$$

Dalam mencari nilai h parameter 3 juga perlu mengetahui nilai bilangan Rayleigh dan bilangan Nusselt.

$$Ra =$$

$$\frac{g \cdot \beta (T_s - T_\infty) (L)^3}{\nu^2} Pr$$

$$Nu = 0,54 \cdot Ra^{1/4}$$

$$h = \frac{k}{L} Nu$$

$$Ra =$$

$$\frac{9,81 \cdot [1/549] (300 - 276,6) (0,0189)^3}{(0,0000445)^2} \cdot 0,6940$$

$$Ra = 1974,20$$

$$Nu = 0,54.Ra^{1/4} \\ = 0,54. (1974,20)^{1/4}$$

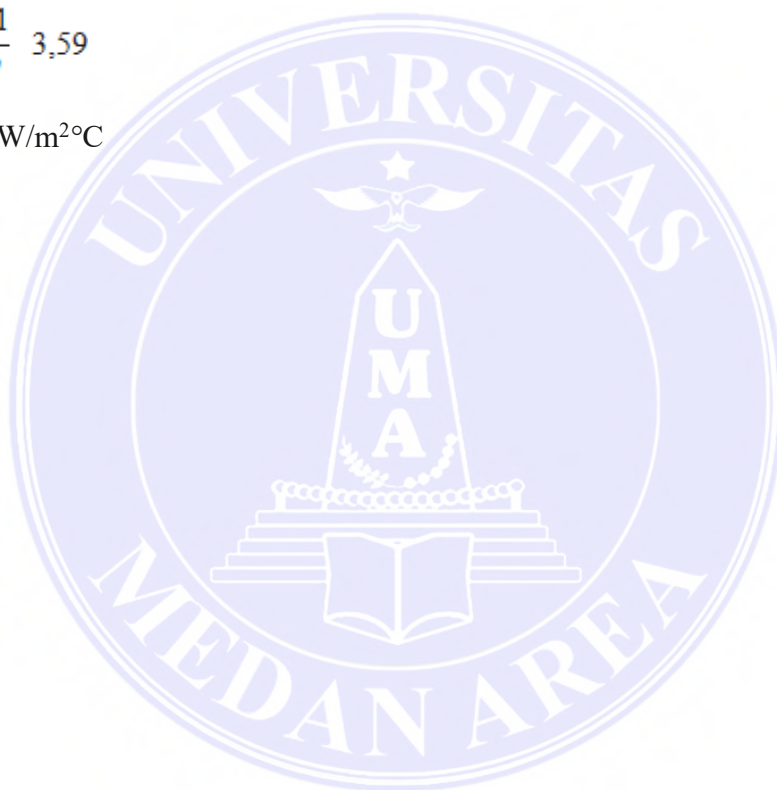
$$Nu = 3,59$$

Lalu dapat mencari nilai h

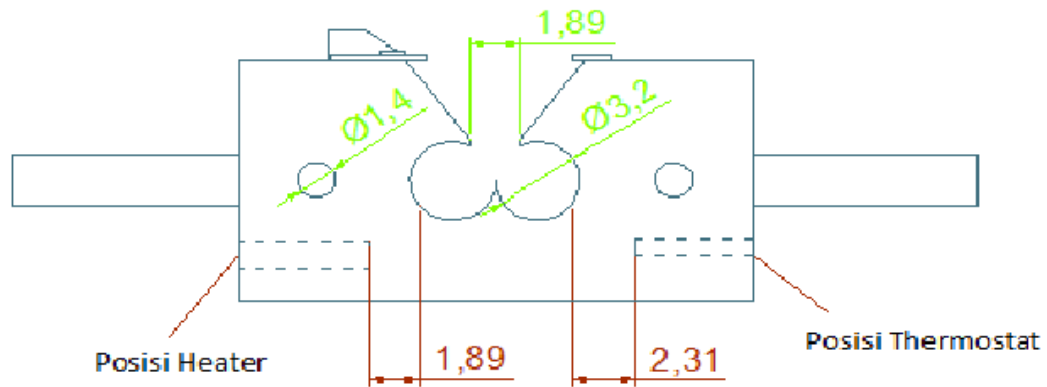
$$h =$$

$$\frac{0,04271}{0,0189} \cdot 3,59$$

$$= 8,13 \text{ W/m}^2\text{°C}$$



LAMPIRAN 2. Perhitungan Perpindahan Panas



1. Perhitungan perpindahan panas parameter 1 ($T_H=200^\circ\text{C}$, $n=25$ rpm, $t=15$)

$$Q = h \cdot A \cdot \Delta T$$

Diketahui :

Penampang berbentuk selimut tabung.

Persamaan luas selimut tabung

$$L = 2 \pi r t$$

$$= 2 \times 3,14 \times 1,55 \times 9,6$$

$$= 93,44 \text{ cm}^2$$

$$= 0,93 \text{ m}^2$$

$$A = 0,93 \text{ m}^2$$

$$T_{\text{heater}} = 200^\circ\text{C}$$

$$T_{\text{ruang aduk}} = 113,8^\circ\text{C}$$

$$\Delta T = 86,2^\circ\text{C}$$

$$h = 10,15 \text{ W/m}^2\text{°C}$$

$$Q = 10,15 \text{ W/m}^2\text{°C} \cdot (0,93 \text{ m}^2) \cdot 86,2\text{°C}$$

$$Q = 813,68 \text{ W}$$

2..Perhitungan perpindahan panas parameter 2 (TH=250°C, n=50 rpm, t=20)

$$Q = h \cdot A \cdot \Delta T$$

Diketahui :

$$Q = h \cdot A \cdot \Delta T$$

Diketahui :

Penampang berbentuk selimut tabung.

Persamaan luas selimut tabung

$$L = 2 \pi r t$$

$$= 2 \times 3,14 \times 1,55 \times 9,6$$

$$= 93,44 \text{ cm}^2$$

$$= 0,93 \text{ m}^2$$

$$A = 0,93 \text{ m}^2$$

$$T_{\text{heater}} = 250\text{°C}$$

$$T_{\text{ruang aduk}} = 187,8\text{°C}$$

$$\Delta T = 62,2\text{°C}$$

$$h = 10,15 \text{ W/m}^2\text{°C}$$

$$Q = 10,15 \text{ W/m}^2\text{°C} \cdot (0,93 \text{ m}^2) \cdot 62,2\text{°C}$$

$$Q = 587,13 \text{ W}$$

3.Perhitungan perpindahan panas parameter 3 (TH=300°C, n=75 rpm, t=25)

$$Q = h \cdot A \cdot \Delta T$$

Diketahui :

Penampang berbentuk selimut tabung.

Persamaan luas selimut tabung

$$L = 2 \pi r t$$

$$= 2 \times 3,14 \times 1,55 \times 9,6$$

$$= 93,44 \text{ cm}^2$$

$$= 0,93 \text{ m}^2$$

$$A = 0,93 \text{ m}^2$$

$$T_{\text{heater}} = 300^\circ\text{C}$$

$$T_{\text{ruang aduk}} = 113,8^\circ\text{C}$$

$$\Delta T = 46,7^\circ\text{C}$$

$$h = 10,15 \text{ W/m}^2\text{C}$$

$$Q = 10,15 \text{ W/m}^2\text{C} \cdot (0,93 \text{ m}^2) \cdot 46,7^\circ\text{C}$$

$$Q = 440,82 \text{ W}$$



LAMPIRAN 3. Tabel Titik Persentase Distribusi F untuk Probabilita = 0,05

Df Untuk Penyebut (N2)= n-k	Df Untuk Pembilang(N1)= k-1														
	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