

**ANALISIS VARIASI SUHU PADA PROSES MESIN
PENCACAH POLIMER KOMPOSIT SKALA
LABORATORIUM**

SKRIPSI

OLEH:

**IYAN PARDAWINATA PANJAITAN
188130026**



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN
2024**

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 22/11/24

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

**ANALISIS VARIASI SUHU PADA PROSES MESIN
PENCACAH POLIMER KOMPOSIT SKALA
LABORATORIUM**

SKRIPSI

Diajukan sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh
Gelar Sarjana di Fakultas Teknik
Universitas Medan Area

Oleh:

**IYAN PARDAWINATA PANJAITAN
188130026**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN
2024**

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 22/11/24

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

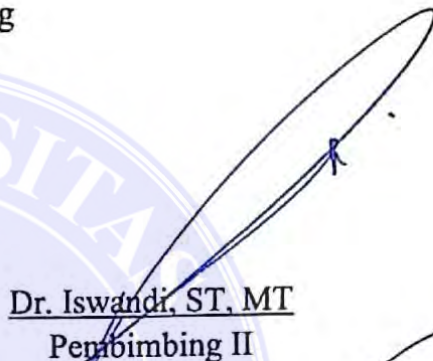
HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI

Judul Proposal : Analisis Variasi Suhu Pada Proses Mesin
Pencacah Polimer Komposit Skala Laboratorium
Nama Mahasiswa : Iyan Pardawinata Panjaitan
NIM : 18.813.0026
Fakultas : Teknik

Disetujui Oleh
Komisi Pembimbing



Indra Hermawan, ST, MT
Pembimbing I



Dr. Iswandi, ST, MT
Pembimbing II



Dr. Eng. Supriatno, ST, MT
Dekan
FAKULTAS TEKNIK



Dr. Eng. Supriatno, ST, MT
K. Prodi

Tanggal Lulus: 11 Juli 2024

HALAMAN PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa skripsi yang saya susun, sebagai syarat memperoleh gelar sarjana merupakan hasil 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, 9 Oktober 2024



Iyan Pardawinata Panjaitan

188130026

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 : Iyan Pardawinata Panjaitan
NPM : 188130026
Program Studi : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik
Jenis Karya : Skripsi/Tugas Akhir

demikian 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 Variasi Suhu Pada Proses Mesin Pencacah Polimer Komposit 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 9 Oktober 2024

Yang menyatakan



(Iyan Pardawinata Panjaitan)

ABSTRAK

Mesin pencacah komposit adalah alat yang dibuat untuk menghasilkan cacahan dari material komposit menjadi bagian-bagian kecil dengan ukuran tertentu agar dapat digunakan untuk proses selanjutnya. Mesin ini memiliki prinsip kerja menghancurkan bongkahan dari campuran Polimer Polypropylene dengan Karbon Aktif. kerja mesin berupa putaran motor yang di transmisikan ke *gearbox* kemudian menggerakkan rotor/mata pisau dengan satu arah putaran yang di pisah dengan satu buah plat pemisah. Mesin pencacah yang di rancang ini menggunakan *heater plate* dalam proses pencacahan. Pencacahan bongkahan komposit di panaskan dengan *heater plate* pada bagian *hooper*. Suhu maksimal elemen pemanas tersebut adalah 110°C. Pencacahan *Polimer komposit* ini menggunakan suhu yang berbeda yaitu 60°C, 80°C dan 110°C. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk dilakukan analisis perpindahan panas yang terjadi pada *Hooper* cacah pada masing-masing suhu, dan masing-masing bahan. Dari hasil penelitian ini di dapatkan pada saat suhu *heater* 60°C dengan variasi bahan 90% *Polypropylene* + 10% Karbon Aktif didapat nilai perpindahan panas menyeluruh sebesar 118,18 Watt, dan variasi bahan 80% *polypropylene* + 20% Karbon Aktif dengan nilai 121,96 Watt, dan variasi bahan 70% *polypropylene* + 30% Karbon Aktif dengan nilai 116,49 Watt. Pada saat suhu *heater* 80°C dengan variasi bahan 90% *Polypropylene* + 10% Karbon Aktif didapat nilai perpindahan panas menyeluruh sebesar 205,86 Watt, dan variasi bahan 80% *polypropylene* + 20% Karbon Aktif dengan nilai 201,294 Watt, dan variasi bahan 70% *polypropylene* + 30% Karbon Aktif dengan nilai 199,635 Watt. Pada saat suhu *heater* 110°C dengan variasi bahan 90% *Polypropylene* + 10% Karbon Aktif didapat nilai perpindahan panas menyeluruh sebesar 323,543 Watt, dan variasi bahan 80% *polypropylene* + 20% Karbon Aktif dengan nilai 322,325 Watt, dan variasi bahan 70% *polypropylene* + 30% Karbon Aktif dengan nilai 321,513 Watt.

Kata kunci: Perpindahan Panas, Heater, Mesin Pencacah

ABSTRACT

A composite shredder is a tool made to produce shredding of composite materials into small parts of a certain size so that they can be used for further processes. This machine has the working principle of crushing chunks from a mixture of Polypropylene Polymer with Activated Carbon. The engine work is in the form of motor rotation which is transmitted to the gearbox and then moves the rotor/blade in one direction of rotation which is separated by a separation plate. The shredding machine designed uses a heater plate in the shredding process. The enumeration of composite chunks is heated with a heater plate on the hooper. The maximum temperature of such heating elements is 110°C. The enumeration of this composite polymer uses different temperatures of 60°C, 80°C and 110°C. The purpose of this study is to analyze the heat transfer that occurs in the chopped hooper at each temperature, and each material. From the results of this study, it was obtained at a heater temperature of 60°C with a material variation of 90% Polypropylene + 10% Activated Carbon obtained an overall heat transfer value of 118.18 Watts, and a variation of 80% polypropylene + 20% Activated Carbon with a value of 121.96 Watts, and a variation of 70% polypropylene + 30% Activated Carbon with a value of 116.49 Watts. At a heater temperature of 80°C with a variation of 90% Polypropylene + 10% Activated Carbon material, an overall heat transfer value of 205.86 Watts was obtained, and a variation of 80% polypropylene + 20% Activated Carbon with a value of 201.294 Watts, and a variation of 70% polypropylene + 30% Activated Carbon with a value of 199.635 Watts. At a heater temperature of 110°C with a variation of 90% Polypropylene + 10% Activated Carbon material, an overall heat transfer value of 323,543 Watts was obtained, and a variation of 80% polypropylene + 20% Activated Carbon with a value of 322,325 Watts, and a variation of 70% polypropylene + 30% Activated Carbon with a value of 321,513 Watts.

Keywords: Heat Transfer, Heater, Counter Machine

RIWAYAT HIDUP



Iyan Pardawinata Panjaitan, lahir di Tapanuli Tengah tepatnya di kelurahan Rinabolak, kecamatan Andam Dewi Pada tanggal 05 Mei 2001, anak dari ayah Jon Kennedy Panjaitan, S.Pd dan ibu Rosdiana Sihombing. Penulis merupakan putra ke 5 dari 6 bersaudara. Penulis pertamakali menempuh Pendidikan pada umur 5 Tahun di Tk. Santa Theresia Pangaribuan dan selesai pada Tahun

2006, dan pada Tahun yang sama penulis melanjutkan Pendidikan di Sekolah Dasar di SD Negeri 1 Andam Dewi 153035 dan selesai pada Tahun 2012, dan pada Tahun yang sama penulis melanjutkan di Sekolah Menengah Pertama di SMP Negeri 1 Andam Dewi dan selesai pada Tahun 2015, dan pada Tahun yang sama penulis melanjutkan Pendidikan di Sekolah Menengah Atas di SMA Negeri 1 Andam Dewi Penulis mengambil jurusan IPA dan selesai pada Tahun 2018.

Pada Tahun 2018 Penulis terdaftar di salah satu perguruan swasta Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Medan Area, selama mengikuti perkuliahan penulis adalah mahasiswa aktif, dan pada Tahun ajaran 2021/2022 Penulis melaksanakan Praktek Kerja Lapangan (PKL) di PT. Sarana Agro Nusantara Unit Belawan.

Berkat petunjuk dan pertolongan Tuhan Yang Maha Esah, usaha dan orangtua dan doa dalam menjalani aktifitas akademik di perguruan Tinggi Universitas Medan Area. Puji Syukur Penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dengan skripsi yang berjudul “Analisis Variasi Suhu Pada Proses Mesin Pencacah Polimer Komposit Skala Laboratorium” dan mengakhiri aktifitas akademik pada Tahun 2023 dengan memperoleh gelar Sarjana Teknik.


KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis ucapkan kepada Tuhan Yang Maha Esa yang memberikan kesehatan kepada penulis sehingga mampu menyelesaikan penulisan skripsi ini dengan judul “Analisis Variasi Suhu Pada Proses Mesin Pencacah Polimer Komposit Skala Laboratorium”. Penelitian ini merupakan Tugas Akhir guna memenuhi syarat untuk memperoleh gelar sarjana Teknik pada Universitas Medan Area.

Dalam Penulisan dan penelitian skripsi ini banyak kesalahan dan kendala, namun berkat bantuan moril dan material dari berbagai pihak, maka skripsi ini dapat diselesaikan, untuk itu penulis mengucapkan terimakasih kepada Bapak Indra Hermawan, ST., MT., selaku dosen pembimbing I, dan Bapak Dr. Iswandi, ST., MT., selaku Kepala Prodi Program Studi Teknik Mesin Universitas Medan Area, serta dosen pembimbing II, dan kepada kedua orang tua penulis, yaitu Bapak Jhon Kenedy Panjaitan, S.Pd., dan ibu Rosdiana Sihombing yang selalu memberikan kasih sayang, doa, nasehat serta atas kesabaran yang luar biasa dalam setiap langkah hidup penulis yang merupakan anugerah terbesar dalam hidup penulis, dan kepada rekan-rekan seperjuangan Mahasiswa Teknik Mesin Stambuk 2018 dari Universitas Medan Area, serta seluruh pihak yang tidak dapat saya ucapkan satu persatu yang sudah memberikan masukan, support sehingga skripsi ini dapat diselesaikan.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir/skripsi/tesis ini masih memiliki kekurangan, oleh karena itu kritik dan saran yang bersifat membangun sangat penulis harapkan demi kesempurnaan tugas akhir/skripsi/tesis ini. Penulis berharap semoga proposal ini bermanfaat bagi semua pihak. Akhir kata penulis ucapkan terima kasih.

Penulis



Iyan Pardawinata Panjaitan

188130026

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI.....	ii
HALAMAN PERNYATAAN.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	iv
ABSTRAK	v
RIWAYAT HIDUP	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xii
DAFTAR NOTASI.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Perumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Hipotesis Penelitian.....	4
1.5 Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Polimer	5
2.2 Karbon Aktif.....	7
2.3 Komposit	8
2.4 Elemen Panas.....	9
2.5 Prinsip Kerja Elemen Pemanas.....	11
2.6 Besar Perpindahan Panas.....	19
2.7 Mesin pencacah.....	22
2.8 Taguchi Method.....	24
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	27
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian.....	27
3.2 Bahan dan Alat.....	28
3.3 Metode Penelitian	33
3.4 Populasi dan Sampel	34
3.5 Prosedur Kerja	35
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	41
4.1 Hasil	41
4.2 Menghitung perpindahan panas konduksi	42
4.3 Menghitung perpindahan panas konveksi	46
4.4 Menghitung Perpindahan Panas Menyeluruh.....	51
4.5 Pembahasan	53
BAB V SIMPULAN DAN SARAN.....	63
5.1 Simpulan.....	63
5.2 Saran.....	64
DAFTAR PUSTAKA	65
LAMPIRAN	67

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Temperatur leleh material	6
Tabel 2.2. Klasifikasi karbon aktif berdasarkan bentuknya	7
Tabel 2.3. Nilai Konduktivitas Termal Dari Beberapa Logam	15
Tabel 2.4. Ayakan dalam satuan mesh.....	23
Tabel 3.1. Jadwal Tugas Akhir	27
Tabel 3.2. Spesifikasi Thermostat Digital.....	30
Tabel 3.3. Spesifikasi Timbangan Digital.....	33
Tabel 3.4. Populasi Spesimen.....	35
Tabel 4.1. Hasil Pengamatan massa bahan setelah dicacah	41
Tabel 4.2. Hasil pengamatan suhu pada <i>hooper</i>	42
Tabel 4.3. hasil pengukuran suhu pada hooper pada suhu 60 °C	43
Tabel 4.4. Hasil perhitungan Perpindahan panas konduksi	45
Tabel 4.5. Properties of air at 1 atm pressure	46
Tabel 4.6. Hasil perhitungan Perpindahan panas konveksi.....	51
Tabel 4.7. Perpindahan menyeluruh gabungan dari konduksi dan konveksi	53
Tabel 4.8. hasil cacah yang di pengaruhi nilai perpindahan panas.....	54
Tabel 4.9. <i>Analysis Of Variance</i>	55
Tabel 4.10. Suhu pada Hooper saat temperature heater 60 °C.....	57
Tabel 4.11. Suhu pada Hooper saat temperature heater 80 °C.....	58
Tabel 4.12. Suhu pada Hooper saat temperature heater 110 oC.	60

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Kode Pada Jenis Plastik	5
Gambar 2.2. Klasifikasi komposit Berdasarkan bentuk dari matriks-nya	8
Gambar 2.3. Jenis komposit yang di perkuat serat	9
Gambar 2.4. Elemen pemanas (<i>Heater</i>).....	10
Gambar 2.5. Proses perpindahan panas konduksi	12
Gambar 2.6. Analogi Perpindahan Panas Konduksi.....	12
Gambar 2.7. Analogi Perpindahan Panas Berlapis	14
Gambar 2.8. Perpindahan panas Konveksi.....	16
Gambar 2.9. Laju perpindahan panas radiasi	19
Gambar 2.10. Contoh Volume analisis <i>heat Transver for hooper</i>	20
Gambar 2.11. Mesin Pencacah Plastik.....	22
Gambar 2.12. Rongga pada mesh	23
Gambar 3.1. Polimer komposit.....	28
Gambar 3.2. Mesin <i>Crushing</i>	29
Gambar 3.3. <i>Thermostat</i> digital XH-W3001.....	30
Gambar 3.4. Elemen Pemanas (<i>heater</i>)	31
Gambar 3.5. Ayakan dengan ukuran (a) 20 mesh dan (b) 40 mesh.....	31
Gambar 3.6. Tampilan <i>Stopwatch handPhone</i>	32
Gambar 3.7. <i>Thermocouple</i>	32
Gambar 3.8. Timbangan Digital	33
Gambar 3.9. Proses pengukuran komponen alat	35
Gambar 3.10. Bentuk dan ukuran <i>Hooper</i> pada tampak (a) depan (b) samping dan (c) gambar potongan pada bagian elemen panas	36
Gambar 3.11. proses pemasangan hooper pada mesin pencacah	37
Gambar 3.12. (a) potret dari atas hooper dan (b) ukuran titik pengamatan panas. 37	
Gambar 3.13. Uji Kelayakan Alat	38
Gambar 3.14. proses pencacahan.....	38
Gambar 3.15. (a) proses pengukuran panas dan (b) Proses pengukuran massa bahan cacah	39
Gambar 3.16. Diagram Alir Penelitian	40
Gambar 4.1. Analogi perpindagan panas konduksi hooper	43
Gambar 4.2. Analogi perpindagan panas konveksi hooper.....	46
Gambar 4.3. Analogi perpindagan panas menyeluruh pada hooper	51
Gambar 4.4. Kurva respon signal to Noise Ratios.....	56
Gambar 4.5. Diagram batang temperatur 60 °C pada 7 titik di hooper	58
Gambar 4.6. Diagram batang temperature 80 °C pada 7 titik di hooper	59
Gambar 4.7. Diagram batang temperature 110 °C pada 7 titik di hooper	60
Gambar 4.8. Hasil cacahan Polimer komposit dengan kriteria Kasar	61
Gambar 4.9. Hasil cacahan Polimer komposit dengan kriteria Sedang	62
Gambar 4.10. Hasil cacahan Polimer komposit dengan kriteria sedang.....	62

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Tabel Properties of air at 1 atm pressure	67
Lampiran 2 Tabel interpolasi pada perpindahan konveksi	68
Lampiran 3 Tabel Titik Persentase Distribusi F untuk Probabilita = 0,05	69



DAFTAR NOTASI

P	= Daya (VA)
V	= Tegangan (Volt)
I	= Arus (Ampere)
W	= Energi Listrik (J)
R	= Hambatan Listrik (Ohm)
T	= Waktu (s)
Q_{kond}	= Perpindahan panas konduksi (J/s atau W)
K	= Konduktivitas Thermal (W/m ^o K)
A	= Luas Perpindahan Panas (m ²)
Δt	= Total Temperatur (°C)
Δx	= Total Jarak (°C)
H	= Koefisien Konveksi (W/m ² . °K)
ρ	= Massa Jenis (kg/m ³)
μ	= Viskositas Dinamis Fluida (kg/m.s)
A	= Diffusitas termal (m ² /s)
\dot{m}	= laju aliran massa udara (kg/s)
C_p	= panas jenis udara (J/kg.K)
U	= Koefisien perpindahan panas menyeluruh(W/m ² K)
M	= Massa Benda (g)

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Material komposit merupakan kombinasi dari dua atau lebih bahan material dengan berbagai karakteristik, baik dari segi struktur kimia, dari segi fisik, maupun dari segi karakternya itu sendiri, yang di padukan sehingga membentuk karakteristik yang baru yang lebih bagus dari bentuk awalnya. Didunia mekanika ada beragam cara pengolahan material komposit salah satunya yaitu dengan cara mencacah.

Mesin pencacah komposit adalah alat yang dibuat untuk menghasilkan cacahan dari material komposit menjadi bagian-bagian kecil dengan ukuran tertentu agar dapat digunakan untuk proses selanjutnya. Pada proses mesin pencacah terdapat panas baik itu pada motor maupun pada mata pisau. Perubahan suhu atau yang sering disebut perpindahan panas dapat diartikan sebagai perubahan energi (*kalor*) dari suatu daerah ke daerah lain akibat adanya perbedaan temperatur pada daerah tersebut.

(Darmawan and Istiqlailiyah 2021) mengatakan bila dua benda yang suhunya berbeda diletakkan saling bersentuhan, panas akan mengalir seketika dari benda yang suhunya tinggi ke benda yang suhunya rendah. Dari mesin pencacah ini penulis menemukan permasalahan yang sering terlupakan, maka di lakukanlah penelitian yaitu “**Analisis Variasi Suhu Pada Proses Mesin Pencacah Polimer Komposit Skala Laboratorium**”. Dengan dilakukannya analisis pengaruh perpindahan panas pada mesin pencacah polimer komposit dapat membantu

peneliti agar mengetahui suhu manakah yang dapat membantu mesin pencacah mengoptimalkan kinerjanya.

Saat ini mesin pencacah sudah banyak beredar di pasaran dan sudah banyak sekali jenisnya namun meskipun demikian, pada umumnya mesin pencacah yang beredar belum memaksimalkan kinerjanya karena pada dasarnya jumlah bahan yang masuk pada alat sering sekali massanya jauh berkurang saat bahan keluar. Maka untuk memaksimalkan kinerja mesin pencacah dibuatlah alat tambahan pada mesin pencacah yaitu pemanas (*heater*) pada bagian hoopernya.

Adapun penambahan (*Heater*) pemanas ini guna melelehkan abu-abu yang menempel pada hooper yang sering menyebabkan massa dari bahan yang di cacah berkurang. Dimana pada penelitian (Poernomo 2013), dikatakan Perpindahan panas dapat terjadi melalui media padat maupun fluida yang diam (konduksi), melalui fluida yang bergerak (konveksi) maupun tanpa melau media (Radiasi).

Menurut (Rahmawati 2017), bahwa hasil pengujian berat jenis dari plastik PP dan HDPE sebesar 0,901 gr/cm³ dan 0,965 gr. Selain itu besarnya nilai titik leleh untuk plastik PP sebesar 142°C sedangkan untuk plastik HDPE sebesar 134°C.

Sehingga pada penelitian ini suhu yang digunakan tidak sebanding dengan penelitian diatas karena pada penelitian tidak sampai melelehkan bahan masuk, adapun suhu yang digunakan adalah 60°C, 80°C dan 110°C perbedaan atau selisih suhu yang digunakan ialah 20 dan 30 dengan tujuan meningkatkan dan melihat perbedaan antara selisi suhu manakah yang kelipatannya paling efektif untuk membantu kinerja heeter dan mempermudah penulis dalam melakukan analisis. Adanya temperatur tambahan ini dapat mempengaruhi proses pencacahan yang

dapat menyebabkan stress pada alat maupun berkurangnya polusi dengan berkurangnya abu dari proses mesin pencacah komposit.

1.2 Perumusan Masalah

Ada beberapa factor yang menyebabkan perpindahan panas, diantaranya gesekan antara mata pisau, dan motor listrik pada mesin pencacah, dan ada juga yang mempengaruhi perpindahan panas diantaranya suhu ruang. Dari beberapa faktor tersebut penulis sangat tertarik untuk meneliti tentang pengaruh perpindahan panas terhadap kinerja mesin pencacah polimer komposit skala laboratorium. Oleh sebab itu pertanyaan yang ingin di jawab adalah:

- a) Berapa besar perpindahan panas menyeluruh pada titik yang ditentukan?
- b) Bagaimana pengaruh perpindahan panas terhadap bahan cacahan?

1.3 Tujuan Penelitian

Melalui penulisan skripsi ini, adapun yang menjadi tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Untuk mengetahui seberapa besar pengaruh variasi suhu terhadap hasil cacahan pada mesin pencacah skala laboratorium.
2. Menghitung besar perpindahan panas yang terjadi pada plat yang di gunakan pada bagian hooper dan titik yang di tentukan pada mesin pencacah.

1.4 Hipotesis Penelitian

Berdasarkan penelitian ini diharapkan heater yang digunakan dapat memindahkan panas secara merata dan diharapkan pada suhu 110°C dapat melakukan peningkatan kinerja mesin pencacah sampai 98% sehingga bahan dapat di hasilkan setidaknya dapat tercacah sempurna.

1.5 Manfaat Penelitian

Dari hasil penelitian ini semoga dapat memberi kontribusi kepada pihak-pihak yang membutuhkan yaitu:

1.5.1 Manfaat Ilmiah

Penulisan skripsi ini diharapkan dapat memberikan kontribusi yang cukup signifikan sebagai masukan pengetahuan atau sastra ilmiah yang dapat dijadikan bahan kajian bagi para peneliti lainnya.

1.5.2 Manfaat Praktis

Dari penelitian ini diharapkan memberikan manfaat praktis bagi berbagai pihak, diantaranya:

- a. Dapat menambah pengalaman dan wawasan dalam ilmu perpindahan panas dan mampu memberikan bahan informasi bagi peneliti selanjutnya.
- b. Menambah referensi penulisan atau bahan informasi bagi kalangan akademis.
- c. Memberikan kontribusi kepada masyarakat dalam pengelolaan limbah plastic
- d. Untuk mengurangi pencemaran lingkungan akibat pembuangan limbah plastic
- e. Menambah ilmu pengetahuan masyarakat tentang perpindahan panas yang dapat dipergunakan secara maksimal.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Polimer

Pada umumnya polimer terdiri atas paling sedikit 100 monomer. Gabungan dua monomer disebut '*dimer*', 3 monomer disebut '*trimer*', empat monomer disebut '*tetramer*', dan seterusnya (Rochmadi and Permono 2018). Berdasarkan karakteristik proses pembuatannya, atau lebih tepatnya berdasarkan perlakuan panas pada saat proses pembuatannya, polimer dapat dibagi dalam 2 kelompok, yaitu: termoplastik dan termoseting.

2.1.1 Termoplastik

Termoplastik adalah polimer yang dapat dilunakkan melalui pemanasan, yang bertujuan untuk membuat bentuk yang diinginkan, polimer ini akan mengeras lagi bila didinginkan. Proses pemanasan dan pendinginan ini dapat dilakukan berulang-ulang tanpa mengalami perubahan sifat fisik/kimia yang berarti. Jenis plastik yang dapat didaur ulang diberi kode berupa nomor agar memudahkan dalam mengidentifikasi dan penggunaannya seperti pada gambar 2.1.



Gambar 2.1. Kode Pada Jenis Plastik

Berdasarkan penelitian (Yuzan 2021) Menjelaskan Secara umum ekstrusi pada termoplastik adalah suatu proses pembentukan material dengan cara di panaskan hingga mencapai titik leleh dan melebur akibat panas dari luar atau akibat panas gesekan yang kemudian dialirkan ke cetakan oleh screw untuk menghasilkan material dengan bentuk penampang sesuai dengan bentuk lubang cetakan (die). Berdasarkan penjelasan tersebut maka di ketahui *thermoplastic* memiliki titik panas lebur, maka untuk mengetahui titik panas dapat dilihat pada tabel 2.1 berikut.

Tabel 2.1. Temperatur leleh material (Nov-ariyanto/2009) dalam (Yuzan 2021)

No	Jenis	Extruding	Injection Molding
		Temperatur Range (°C)	Temperature Range (°C)
1	Polyethylene	120°-150°	140°-160°
2	High Density Polyethylene	130°-160°	140°-160°
3	Polypropylene	160°-190°	160°-200°
4	Polylactic acid	170°-200°	160°-190°
5	High impact polystyrene	170°-250°	170°-250°
6	Acrylonitrile butadiene	210°-250°	210°-250°
7	Stryrene		
8	Nylon 6	140°-250°	140°-250°
9	Nylon 66	200°-250°	200°-250°

2.1.2 Termoseting

Termoseting adalah polimer dimana rantai individunya (gugus fungsional), secara kimia melalui ikatan kovalen disambungkan dengan senyawa lainnya selama proses polimerisasi. Sekali terbentuk, jaringan cabang (*crosslinking*) tersebut akan tahan terhadap panas dan serangan pelarut, serta tidak dapat dilunakkan kembali dengan panas (Rochmadi and Permono 2018). Dilihat dari sifat tersebut, polimer termoseting sesuai sebagai materi komposit, pelapis, dan perekat. Contoh dari polimer termoset adalah: a) Epoksi, b) Teflon, c) Bakelit.


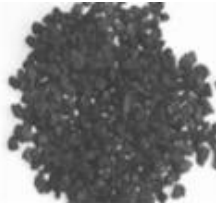

2.2 Karbon Aktif

Karbon aktif adalah senyawa karbon yang telah ditingkatkan daya adsorbsinya dengan melakukan proses karbonasi dan aktivasi. Karbonasi (pengarangan) adalah suatu proses pirolisis (pembakaran) tak sempurna dengan udara terbatas dari bahan yang mengandung karbon. Dalam proses karbonasi terdapat penyusutan sampel (Firdiyono and Sya 2012). Aktivasi merupakan suatu proses pembentukan karbon aktif yang berfungsi untuk menambah, membuka dan mengembangkan volume pori karbon serta dapat menambah diameter pori-pori karbon yang sudah terbentuk dari proses karbonisasi melalui metode kimia atau fisika (Erawati and Fernando 2018).

2.2.1 Klasifikasi Karbon Aktif

Jika di tinjau dari berdasarkan bentuknya karbon aktif dapat dibedakan menjadi tiga jenis, seperti yang ditunjukkan pada tabel 2.2 dibawah ini.

Tabel 2.2. Klasifikasi karbon aktif berdasarkan bentuknya

No	Jenis Karbon	Ukuran (mm)	Kegunaan	Bentuk
1	<i>Powdered Activated Carbon (PAC)</i>	< 0.18	Digunakan pada fasa cair	
2	<i>Granular Activated Carbon (GAC)</i>	0.2 – 5	Digunakan pada fasa cair dan gas	
3	<i>Extruded Activated Carbon (EAC)</i>	0.8 - 5	Digunakan pada fasa gas	

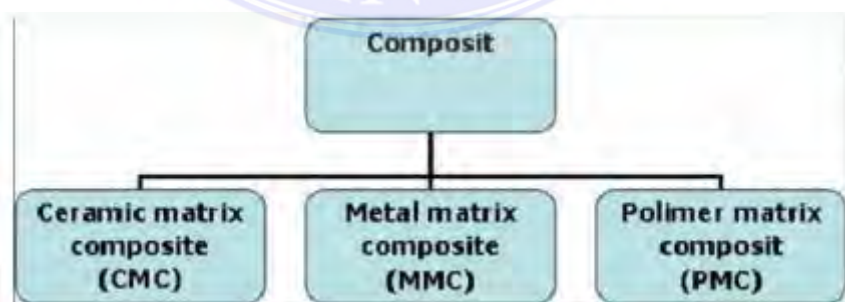
Pada penelitian (Permatasari, Khasanah, and Widowati 2014) Dalam proses karbonasi ada beberapa kadar yang perlu di perhatikan, diantaranya : a) Kadar air, b) kadar abu, c) kadar zat terbang (bagian yang hilang pada pemanasan).

2.3 Komposit

Dalam penelitian (Rahmawaty 2021) di jelaskan komposit terdiri dari pengikat (matriks) dan penguat (reinforcement) yang ditambahkan untuk mengkombinasikan sifat mekanik. Matriks adalah fasa dalam komposit yang mempunyai bagian atau fraksi volume terbesar (dominan). Matriks mempunyai fungsi sebagai berikut : a) Mentransfer tegangan ke serat. b) Membentuk ikatan koheren, permukaan matrik/serat. c) Melindungi serat. d) Memisahkan serat. e) Melepas ikatan. f) Tetap stabil setelah proses manufaktur.

2.3.1. Jenis Komposit

Berdasarkan matrik, komposit dapat diklasifikasikan kedalam tiga kelompok besar seperti pada gambar 2.2 yaitu (Syariah and Ilmu n.d.):

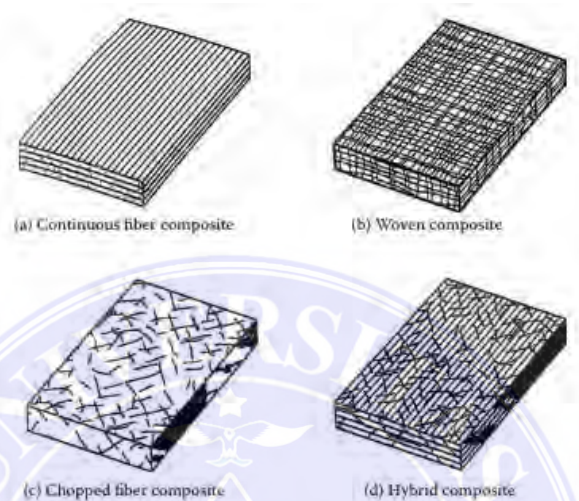


Gambar 2.2. Klasifikasi komposit Berdasarkan bentuk dari matriks-nya

1. Komposit matrik polimer (KMP), polimer sebagai matrik
2. Komposit matrik logam (KML), logam sebagai matrik

3. Komposit matrik keramik (KMK), keramik sebagai matrik

Jenis komposit serat terbagi menjadi 4 macam dapat dilihat pada gambar 2.3 dan penjelasan di bawah ini (Ronald F 2003):



Gambar 2.3. Jenis komposit yang di perkuat serat

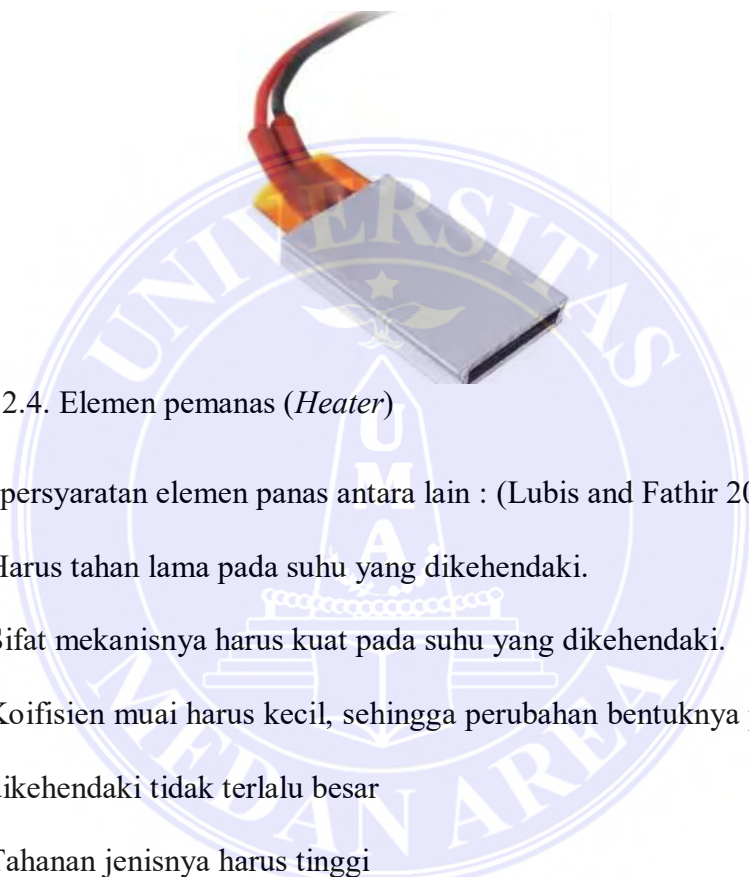
Berdasarkan gambar di atas serat komposit dibagi 4 yaitu:

1. *Continuous fiber composite* (komposit yang diperkuat dengan serat kontinu)
2. *Woven fiber composite* (komposit yang diperkuat dengan serat anyaman)
3. *Chopped fiber composite* (komposit yang diperkuat dengan serat pendek/acak)
4. *Hybrid composite* (komposit yang diperkuat dengan serat kontinu dan serat acak).

2.4 Elemen Panas

Elemen pemanas (*heater*) adalah alat untuk mengubah tempertur (kalor) pada suatu alat atau ruanagan dengan menggunakan aliran konduksi, konveksi, dan radiasi teragantung alat yang di *design*. Seperti yang di jelaskan pada penelitian (Andre, Zufadl, and Nazaruddin 2021) Perpindahan panas / transfer kalor adalah

suatu peristiwa yang terjadi apabila terdapat perbedaan temperatur antara suatu sistem dengan sistem yang lainnya, dari temperatur yang tinggi ke temperatur yang rendah dan baru akan berhenti ketika temperatur antara dua medium yang mengalami transfer kalor tersebut sama. Adapun alat perpindahan panas dapat dilihat pada gambar 2.4.



Gambar 2.4. Elemen pemanas (*Heater*)

Adapun persyaratan elemen panas antara lain : (Lubis and Fathir 2016)

1. Harus tahan lama pada suhu yang dikehendaki.
2. Sifat mekanisnya harus kuat pada suhu yang dikehendaki.
3. Koefisien muai harus kecil, sehingga perubahan bentuknya pada suhu yang dikehendaki tidak terlalu besar
4. Tahanan jenisnya harus tinggi
5. Koefisien suhunya harus kecil, sehingga arus kerjanya sedapat mungkin konstan.

Perhitungan daya elemen pemanas menggunakan prinsip hukum ohm dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$P=V \cdot I \dots\dots\dots (2.1)$$

Dimana : P = Daya (VA)

V = Tegangan (Volt)

$I =$ Arus (ampere)

Ada beberapa bentuk perubahan jenis energi listrik yang dihasilkan dari energi kinetik, seperti: energi cahaya, energi bunyi, energi gerak, dan bentuk energi lainnya yang sesuai dengan kebutuhan manusia. Besarnya energi listrik yang dikeluarkan sumber energi listrik dipengaruhi oleh besarnya tegangan (V), kuat arus (I) dan waktu (t) sehingga apabila penghantar yang hambatannya R diberikan tegangan V pada ujung-ujungnya, dan arus I melaluinya, maka dalam waktu t detik, besar energi listrik yang diperoleh dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$W = V \cdot I \cdot t \dots\dots\dots (2.2)$$

Dengan memanfaatkan hukum Ohm, $V = IR$, maka diperoleh:

$$W = I^2 \cdot R \cdot t \text{ atau } W = \frac{V^2}{R} t \dots\dots\dots (2.3)$$

Dimana: $W =$ energi listrik (Joule)

$V =$ tegangan listrik (Volt)

$I =$ arus listrik (Ampere)

$R =$ hambatan listrik (Ohm)

$t =$ waktu (sekon)

2.5 Prinsip Kerja Elemen Pemanas

Prinsip kerja elemen pemanas (*heater*) adalah dengan memanfaatkan arus listrik yang di konversikan oleh modul sehingga mengubah aliran listrik menjadi panas. Panas kemudian di salurkan melalui pipa distribusi yang terbuat dari plat aluminium. Ada tiga mode perpindahan panas, yaitu:

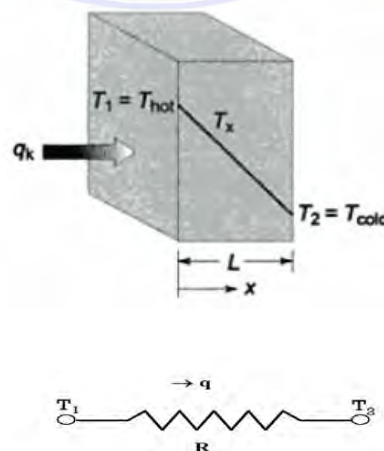
2.5.1 Perpindahan Panas Konduksi

Proses perpindahan panas konduksi adalah proses dengan mana panas mengalir dari daerah yang bersuhu lebih tinggi ke daerah yang bersuhu lebih rendah didalam satu medium (padat, cair atau gas) atau antara medium-medium yang berlainan yang bersinggungan secara langsung. Adapun proses perpindahan panas konduksi dapat kita lihat pada gambar 2.5.



Gambar 2.5. Proses perpindahan panas konduksi

Konduksi adalah satu-satunya mekanisme yang dimana panas dapat mengalir dalam zat padat yang tidak dapat tembus cahaya. Adapun perpindahan panas konduksi dapat dilihat pada gambar 2.6 dan dirumuskan sebagai berikut(Holman 1993):



Gambar 2.6. Analogi Perpindahan Panas Konduksi

$$Q_{kond} = -k \times A \frac{\Delta t}{\Delta x} \dots\dots\dots (2.4)$$

Dimana : Q_{kond} = Besar laju perpindahan panas konduksi (J/S atau W)

K = konduktivitas termal bahan (W/m. K)

A = Luasan Permukaan perpindahan panas (m^2)

Δt = Perbedaan temperature ($^{\circ}C$)

Δx = Perbedaan jarak (m)

(-) = Perpindahan panas temperature tinggi ketemperatur rendah

Jika dinyatakan dalam aliran listrik perpindahan panas dapat dirumuskan dengan persamaan berikut:

$$q = -\frac{\Delta T}{R} = -\frac{(T_2-T_1)}{kA/\Delta X} \dots\dots\dots (2.5)$$

$$q = \frac{\Delta T}{R} = \frac{T_1-T_2}{kA/\Delta X} \dots\dots\dots (2.6)$$

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

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

A = Luas Penampang (m^2)

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

dX = Perbedaan Jarak (m / det)

ΔT = Perubahan Suhu ($^{\circ}C$)

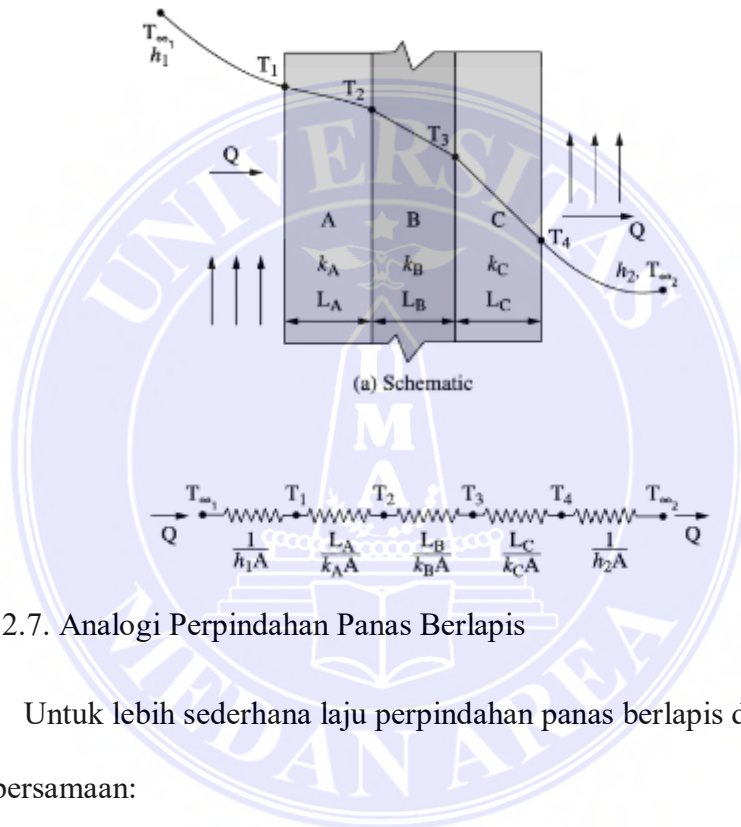
Δx = Perubahan Jarak (m /s)

I = Kuat Arus Listrik (A)

V = Tegangan Listrik (V)

R = Hambatan (Ω)

Jika benda yang dipanaskan ada beberapa lapisan maka di gunakan persamaan perpindahan panas berlapis, maka dapat dilihat pada gambar 2.7 dan dirumuskan sebagai berikut (Rathore and Kapuno 2011):



Gambar 2.7. Analogi Perpindahan Panas Berlapis

Untuk lebih sederhana laju perpindahan panas berlapis dapat dinyatakan dengan persamaan:

$$Q = \frac{(\Delta T)_{\text{overall}}}{\sum R_{\text{th}}} \dots\dots\dots (2.7)$$

Dimana: $(\Delta T)_{\text{overall}} = T_{\infty 1} - T_{\infty 2} \dots\dots\dots (2.8)$

$$\sum R_{\text{th}} = \frac{1}{h_1 A} + \frac{L_A}{k_A A} + \frac{L_B}{k_B A} + \frac{L_C}{k_C A} + \frac{1}{h_2 A} \dots\dots\dots (2.9)$$

2.5.2 Konduktivitas Thermal

Konduktivitas thermal dapat didefinisikan sebagai ukuran kemampuan bahan untuk menghantarkan panas. Konduktivitas thermal adalah sifat bahan dan menunjukkan jumlah panas yang mengalir melintasi satu satuan luas jika gradien suhunya satu. Nilai angka konduktivitas thermal menunjukkan seberapa cepat kalor mengalir dalam bahan makin cepat molekul bergerak, makin cepat pula ia mengangkut energi. Pada penelitian (Fanani, Sahbana, and Suwandono 2021) menyatakan besar konduktivitas thermal *Stainlees Steel* adalah 16 W/m °K. Berikut beberapa nilai konduktivitas thermal dari beberapa logam ditunjukkan pada tabel 2.3.

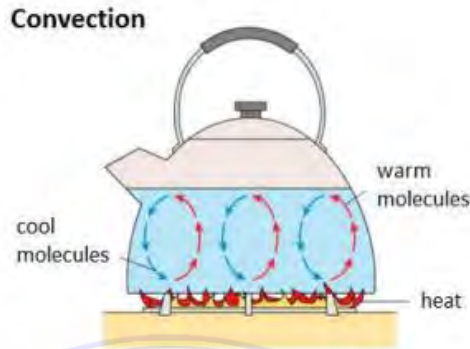
Tabel 2.3. Nilai Konduktivitas Termal Dari Beberapa Logam

No	Bahan	Satuan (W/m °K)
1	Aluminium	237
2	Stainlees Steel	16
3	Besi	79
4	Emas	314
5	Intan	2000
6	Tembaga	390
7	Kuningan	151

2.5.3 Perpindahan Panas Konveksi

Perpindahan panas konveksi merupakan perpindahan panas yang terjadi akibat adanya perbedaan temperatur yang menyebabkan gerakan acak antarmolekul dan bulk motion of fluid. Semakin cepat pergerakan fluida, maka akan semakin besar pula laju perpindahan panas konveksi yang terjadi (Wijiati and Kukuh 2019).

Pada penggunaan prinsip perpindahan panas konveksi dapat dilihat pada gambar 2.8.



Gambar 2.8. Perpindahan panas Konveksi

Perpindahan panas konveksi dapat dirumuskan sebagai berikut (Paulus and Purwanto 2022):

$$Q = h \times A (T_w - T_\infty) \dots\dots\dots (2.10)$$

Dimana :

Q = Besar laju perpindahan konveksi (W)

h = Koefisien konveksi ($W/m^2 \text{ } ^\circ K$)

A = luasan permukaan perpindahan panas (m^2)

$(T_s - T_\infty)$ = perbedaan temperature ($^\circ K$)

1. Bilangan Reynold

Bilangan reynold adalah rasio antar gaya inersia terhadap gaya viskos bilangan ini digunakan untuk mengidentifikasi jenis aliran yang berbeda, misalnya laminar, turbulen maupun transisi, dimana jika bilangan $Re < 2000$ adalah aliran laminar, jika bilangan $2000 < Re < 12.500$ adalah Aliran transisi dan apabila bilangan $Re > 12.500$ adalah aliran turbulens. Aliran saluran terbuka umumnya

tergolong turbulen karena memiliki $Re > 12.500$. Persamaan bilangan reynold sebagai berikut:

$$Re = \frac{\rho v \cdot L}{\mu} \dots\dots\dots (2.11)$$

Dimana : Re = Bilangan Reynold

L = Panjang Lintasan perpindahan panas (m)

V = Kecepatan aliran (m/s)

ρ = Massa Jenis (kg/m^3)

μ = Viskositas Dinamis Fluida (kg/m.s)

2. Bilangan Nusselt

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

$$Nu = \frac{h.L}{k} \dots\dots\dots (2.12)$$

Dimana : Nu = Bilangan nusselt

h = Koefisien perpindahan panas konveksi ($W/m^2.K$)

L = Panjang Lintasan perpindahan panas (m)

K = Koefisien perpindahan panas konduksi ($W/m.K$)

3. Bilangan Prandtl

Bilangan prandtl merupakan rasio perbandingan difusivitas momentum terhadap difusivitas termal. Bilangan prandtl dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut :

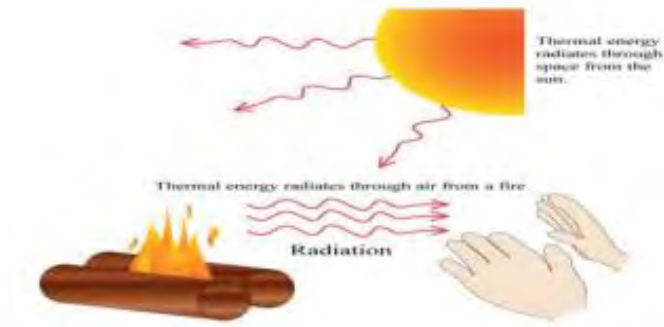
$$Pr = \frac{v}{\alpha} = \frac{\mu C_p}{k} \dots\dots\dots (2.13)$$

Dimana : P_r = Bilangan Prandtl

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

2.5.4 Perpindahan Panas Radiasi

Istilah “radiasi” pada umumnya dipergunakan untuk segala jenis hal ikhwal gelombang elektromagnetik. Salah satu bentuk pemanfaatan energi matahari yaitu pemanas air tenaga surya atau solarwater heater (SWH). SWH menggunakan panel surya (kolektor) untuk mengumpulkan dan menyerap radiasi matahari yang kemudian diubah menjadi energi panas. (Nur et al. 2019). Adapun perpindahan panas secara radiasi dapat kita lihat pada gambar 2.9.



Gambar 2.9. Laju perpindahan panas radiasi

Persamaan lajunya ditentukan oleh hukum Stefan Boltzmann yang mana merupakan istilah dimana panas yang diradiasikan sebanding dengan pangkat empat temperatur absolut dari permukaan dan laju perpindahan panas antara permukaan yang diberikan pada persamaan berikut:

$$Q_{rad} = \sigma \varepsilon A_1 F_1 \rightarrow 2(T_1^4 - T_2^4) \dots\dots\dots (2.14)$$

Dimana :

Q_{rad} = laju perpindahan panas radiasi (W)

σ = konstanta boltzman (2,669 x 10-8 W/m²K⁴)

ε = emisivitas permukaan benda

A_1 = luas permukaan benda 1 (m²)

T_1 = temperature benda 1 (°K)

T_2 = temperature benda 2 (°K)

2.6 Besar Perpindahan Panas

Energi yang berguna digunakan untuk menghitung seberapa besar panas yang berguna yang dihasilkan oleh heater. Sedangkan efisiensi digunakan untuk menghitung performansi atau unjuk kerja dari heter itu sendiri (Yuzan 2021). Untuk

menghitung energi yang diserap benda atau panas yang diberikan heater dapat digunakan persamaan (Q) maka digunakan rumus sebagai berikut:

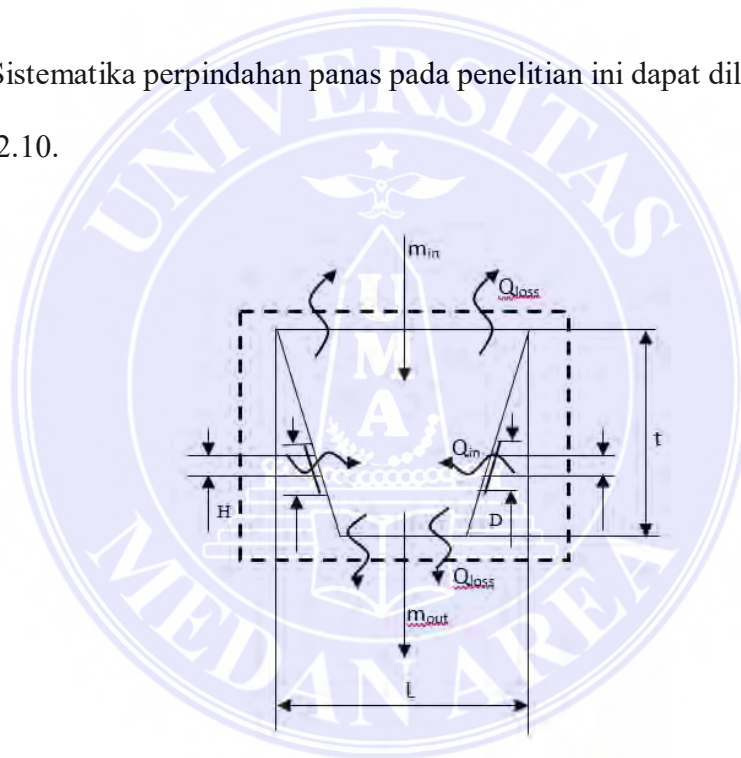
$$Q = m \cdot \Delta T \dots\dots\dots (2.15)$$

Dimana : Q = Besar perpindahan panas (J)

m = Massa Benda (kg)

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

Sistematika perpindahan panas pada penelitian ini dapat dilihat seperti pada gambar 2.10.



Gambar 2.10. Contoh Volume analisis *heat Transver for hooper*

Keterangan: D = diameter penampang elemen (m^2)

H = diameter elemen (m^2)

Q_{in} = panas masuk ($^{\circ}C$)

L= lebar hooper (m)

t = tinggi hooper (m)

m_{in} = massa masuk (Kg)

Untuk menghitung Kofisien perpindahan panas kalor menyeluruh hasil gabungan dari proses perpindahan panas konduksi dan konveki dinyatakan dalam simbol U , dapat dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut:

$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_1} + \frac{1}{h_2} + \frac{\Delta x}{k}} \dots\dots\dots (2.16)$$

Koefisien perpindahan panas menyeluruh jika dinyatakan A adalah luas bidang aliran kalor. Sehingga digunakan persamaan (2.15) menjadi:

$$q = U \cdot A \cdot \Delta T \dots\dots\dots (2.17)$$

dimana: q = Laju perpindahan panas menyeluruh (W)

U = Koefisien perpindahan panas menyeluruh (W/m²K)

A = Luas penampang (m)

ΔT = Selisih temperatur (°C)

Atau persamaan (2.17) menjadi :

$$q = \frac{A (T_A - T_B)}{\frac{1}{h_1} + \frac{1}{h_2} + \frac{\Delta x}{k}} \dots\dots\dots (2.18)$$

dimana: A = luas penampang perpindahan kalor (m)

T_A = suhu ruang bakar (°C)

T_B = suhu atmosfer (°C)

Δx = tebal benda perpindahan panas

K = nilai konduktivitas bahan (W/m °C)

2.7 Mesin pencacah

Banyak Prinsip kerja dari mesin pencacah plastik ini dengan menggerakkan pisau putar menggunakan motor *diesel* yang menggunakan sistem *crusher* dan silinder pemotong tipe reel.

Mesin pencacah plastik adalah alat yang dibuat untuk menghasilkan cacahan dari barang-barang plastik menjadi bagian-bagian kecil dengan ukuran tertentu agar dapat di gunakan untuk proses selanjutnya (Pratama, Fatkhurrozak, and Sanjaya 2021) mesin pencacah plastic yang dimaksud seperti di tunjukkan pada gambar 2.11.



Gambar 2.11. Mesin Pencacah Plastik

Daya dari mesin ini ditransmisikan menggunakan *pulley* dan *belt*. Material polimer komposit yang sudah di rancang dimasukkan ke dalam mesin melalui corong masukan hingga mengenai pisau pencacah.

Mesin pencacah yang digunakan ini dirancang dengan bantuan ayakan esxternal seperti gambar 2.12, juga untuk melihat hasil cacahan yang di cacah oleh mesin ini yaitu dari ketiga bahan polimer komposit yang di tentukan.



Gambar 2.12. Rongga pada mesh

Ada dua metode yang mendominasi untuk mengotrol ukuran bahan yaitu dengan; pemisahan dan klasifikasi. Ukuran lubang atau pori dalam suatu ayakan memiliki satuan yang di sebut mesh. Ayakan dengan satuan mesh dapat di lihat ukuran yang di konversi micron dan mm seperti pada tabel 2.4.

Tabel 2.4. Ayakan dalam satuan mesh

No	Inci	Millimeter	Mikron	Mesh
1	0.265	6.72	6730	2
2	0.187	4.76	4760	4
3	0.157	4	4000	5
4	0.132	3.36	3360	6
5	0.111	2.83	2830	7
6	0.0937	2.38	2380	8
7	0.0787	2	2000	10
8	0.0661	1.68	1680	12
9	0.0555	1.41	1410	14
10	0.0469	1.19	1190	16
11	0.0394	1	1000	18
12	0.0331	0.841	841	20
13	0.028	0.707	707	25
14	0.0238	0.7	700	28
15	0.0232	0.595	595	30
16	0.0197	0.5	500	35
17	0.0165	0.42	420	40
18	0.0138	0.354	354	45
19	0.0117	0.297	297	50
20	0.0098	0.25	250	60

Prinsip kerja dalam metode pengayakan adalah dengan cara sampel di jatuhkan kedalam permukaan ayakan. Sampel yang memiliki ukuran kecil akan lolos melewati ayakan, sedangkan sampel yang berukuran besar akan tidak lolos melewati ayakan. Sampel yang digunakan dalam metode pengayakan merupakan sampel yang kering agar memudahkan dalam pengayakan. Mesh merupakan jumlah lobang per inchi kuadrat. Ayakan dengan nomor mesh besar memiliki ukuran lobang atau pori kecil. Sedangkan ayakan dengan nomor mesh kecil memiliki lobang atau pori besar (Apt. Mia Fitriana et al. 2022).

2.8 Taguchi Method

Menurut (T Wuryandari, T Widiari 2009), Metode Taguchi merupakan perbaikan kualitas dengan metode percobaan “baru”, artinya melakukan pendekatan lain yang memberikan tingkat kepercayaan yang sama dengan SPC (*Statistical Proces 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.

Terdapat dua pendekatan dalam pengendalian kualitas yaitu On-line Quality Control dan Off-line Quality Control. Usaha-usaha yang tercakup dalam On-line Quality Control adalah pendiagnosaan dan penyesuaian proses, pengontrolan proses, dan inspeksi hasil proses. Pengendalian kualitas secara Off-line Quality Control adalah usaha-usaha yang bertujuan mengoptimalkan desain proses dan produk, sebagai pendukung usaha on-line quality control. Usaha ini dilakukan baik sebelum maupun setelah proses. Ada beberapa proses dalam menjalankan metode

Taguchi diantaranya: *Orthogonal array (OA)*, dan *Signal to Noise Ratio (S/N)*. Tahap pengolahan data eksperimen yang meliputi perhitungan dan pengujian data dengan statistik, seperti analisis variansi (Anova), tes hipotesa, dan penerapan rumus-rumus empiris pada data hasil eksperimen.

2.8.1. Analisis varians Taguchi

Analisis varians (Anova) adalah teknik yang digunakan untuk menganalisis data yang telah disusun dalam perencanaan eksperimen secara statistika. Anova digunakan untuk membantu mengidentifikasi kontribusi faktor sehingga akurasi perkiraan model dapat ditentukan. Analisis varians yang dipakai adalah analisis varians dua arah karena faktor dan level yang dimiliki lebih dari 1.

2.8.2. Perhitungan SNR (Signal to Noise Ratio)

Rasio SNR digunakan untuk memilih faktor-faktor yang memiliki kontribusi pada pengurangan variasi suatu respon dengan memilih nilai level faktor terbesar untuk mengoptimalkan karakteristik kualitas dari eksperimen. Penggunaan SNR juga dilakukan untuk mengetahui level faktor mana yang berpengaruh pada hasil eksperimen. Rasio SNR terdiri dari beberapa karakteristik kualitas, yaitu:

1. Semakin kecil semakin baik (*smaller is better*) Karakteristik kualitas ini memiliki batas nilai 0 dan nonnegatif. Nilai semakin kecil (mendekati nol adalah yang diinginkan). Rumus SNR pada karakteristik kualitas ini adalah sebagai berikut.

$$\text{kerugian} = k [\text{MSD}] = \left[k \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i^2 \right] \dots\dots\dots (2.19)$$

Dimana : MSD = mean square deviation

$$\eta = \text{SNR}$$

2. Tertuju pada nilai tertentu (nominal is the best) Karakteristik kualitas ini memiliki nilai atau target tidak nol dan terbatas. Dengan kata lain nilai yang mendekati suatu nilai yang ditentukan adalah yang terbaik. Rumus SNR pada karakteristik kualitas ini adalah:

$$\text{SNR} = \eta = 10 \log_{10} \left[\frac{\mu^2}{\sigma^2} \right] \dots\dots\dots (2.20)$$

Dimana : Y_i = hasil percobaan pada replikasi 1,2, dan 3
 n = jumlah replikasi

3. Semakin besar semakin baik (larger is better) Karakteristik kualitas ini memiliki rentang nilai tak terbatas dan nonnegatif. Nilai semakin besar adalah yang semakin diinginkan. Rumus SNR pada karakteristik kualitas ini adalah:

$$\text{SNR} = \eta = 10 \log_{10} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{y_i^2} \dots\dots\dots (2.21)$$

Kinerja yang baik diukur dengan tingginya rasio SNR, berakibat kerugian lebih kecil daripada yang diukur dengan fungsi kerugian yang sesuai.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

3.1.1 Tempat

Penelitian ini akan dilakukan di: CV. MICRO ENTERPRISES GENERAL INDUSTRIAL AND SUPPLIER Jl. Pelita I NO 1 A Medan, Jl. Asem link XIII, Desa Bandar Klippa Kec. Percut Sei Tuan kab. Deli Serdang. Tempat ini dipilih karena cukup merepresentatif untuk kebutuhan pemenuhan dalam penulisan tugas akhir ini.

3.1.2 waktu

Analisa ini dimulai sejak judul tugas akhir ini disetujui oleh kedua pembimbing. Kemudian waktu yang akan digunakan dari persiapan penyusunan tugas akhir ini dapat dilihat pada tabel 3.1 sebagai berikut:

Tabel 3.1. Jadwal Tugas Akhir

Aktifitas	2024																				
	Bulan III				Bulan IV				Bulan V				Bulan VI				Bulan VII				
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
Pengajuan Judul	■	■																			
Penulisan Proposal			■	■	■																
Seminar Proposal					■																
Proses Penelitian					■	■	■	■	■	■	■	■									
Pengolahan Data Penyelesaian Laporan											■	■	■								
Seminar Hasil													■								
Evaluasi dan persiapan Sidang														■	■	■	■	■	■	■	■
Sidang Sarjana																				■	

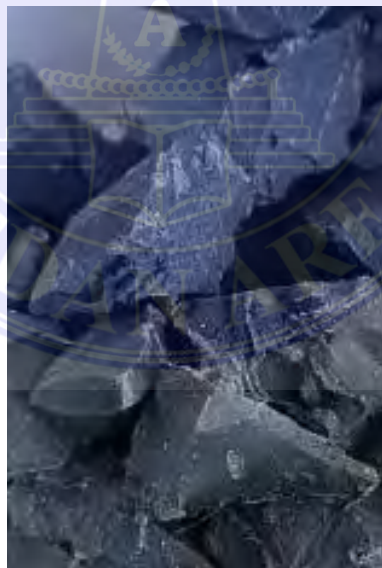
3.2 Bahan dan Alat

3.2.1 Bahan

Dalam penulisan tugas akhir ini ada beberapa bahan yang di teliti yaitu:

a. Polimer Komposit

Bahan yang di teliti adalah polimer komposit bertujuan melihat campuran mana yang terbaik di gunakan dalam proses pencacahan dengan suhu yang di variasikan, Adapun polimer komposit yang di gunakan adalah *Polipropylene* dengan *Powdered composit* yang di campur menggunakan alat *internal mixer* dengan komposisi; a) 90%PP dan 10%KA b) 80%PP dan 20%KA c) 70%PP dan 30%KA kemudian akan di lihat massa halus dan kasar dari ke tiga bahan tersebut setelah di cacah menggunakan mesin pencacah. Adapun bahan polimer komposit yang sudah di campur dapat di lihat pada gambar 3.1 di bawah ini.



Gambar 3.1. Polimer komposit

b. Mesin pecacah

Mesin pencacah yang digunakan adalah mesin pencacah skala laboratorium dengan motor listrik yang dipakai memiliki daya sebesar 1 HP dengan putaran 2850

Rpm. Yang berfungsi untuk menghancurkan polimer yang dimasukkan kedalam mesin sehingga memperoleh serpihan. Mesin pencacah ini menggunakan teknik *crushing* dimana; *Crushing* itu sendiri adalah proses penghancuran menggunakan material-material yang memiliki tingkat kekerasannya lebih kuat dan lebih mampu untuk menahan deformasi dari benda yang akan dihancurkan. Mesin *crushing* yang dimaksud dapat dilihat pada gambar 3.2.



Gambar 3.2. Mesin *Crushing*

3.2.2 Alat

Peralatan yang digunakan dalam melakukan proses pengujian ini diantaranya yaitu:

- a. *Thermostat* SH-W3001

Thermostat digunakan untuk mengatur arus listrik yang ter-alairkan pada *heater* dan untuk mengatur suhu yang ingin di capai sesuai kapasitas yang di sediakan *thermostat*nya. *Thermostat* yang di gunakan di sini adalah tipe *thermostat*

digital untuk membantu peneliti memudahkan pembacaan angka pada *hetater* melakukan penelitian, *thermostat* digital yang digunakan dapat di lihat pada gambar 3.3 beserta spesiffikasinya pada tabel 3.2.

Tabel 3.2. Spesifikasi Thermostat Digital

Fitur	Deskripsi Produk
Rentang Suhu	-50°C untuk 110 ° C
Tegangan Operasi	12/24VDC atau 220VAC
Mode Pengoperasian	Pemanasan atau Pendinginan
Mode Keluaran dan Daya	120W hingga 1500W (bervariasi dari model ke model)
Keluaran Sekarang	10A (maks)
Tipe masukan	Termistor NTC 10K, terbungkus dalam kedap air 1m perumahan (probe stainless steel)
Akurasi Kontrol Suhu	0.2 ° C
Akurasi Penginderaan Suhu	0.1 ° C
Bantalan	Rel DIN atau pemasangan di dinding menggunakan sekrup
Perumahan Material	Plastik, diberi nilai IP22
Ukuran	60x45x31 mm



Gambar 3.3. Thermostat digital XH-W3001

b. *Heater plate* (pemanas plat)

Elemen Pemanas merupakan piranti 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. Elemen pemanas yang digunakan pada pengujian ini ditunjukkan pada gambar 3.4.



Gambar 3.4. Elemen Pemanas (*heater*)

c. Ayakan

Ayakan adalah suatu alat yang mekanismenya pemisahahan partikel atau bahan untuk mendapatkan ukuran partikel atau bahan yang di inginkan. Dalam metode pengayakan terdapat dua teknik pengayakan yang dapat digunakan dalam menentukan ukuran suatu bahan. Dua teknik tersebut antara lain adalah pengayakan manual dan pengayakan mekanik. Dalam penelitian ini ayakan yang di gunakan memiliki dua variasi ukuran, yaitu dengan ukuran 20 mesh dan 40 mesh dimana Mesh merupakan jumlah lobang per inchi kuadrat, dapat dilihat pada gambar 3.5 di bawah ini.



(a)

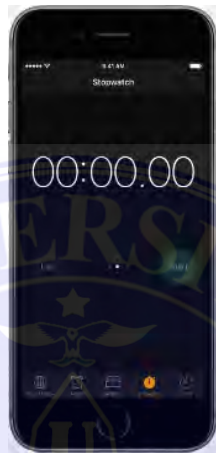


(b)

Gambar 3.5. Ayakan dengan ukuran (a) 20 mesh dan (b) 40 mesh

d. *Stopwatch*

Stopwatch adalah alat yang digunakan untuk mengukur waktu yang diperlukan dalam sebuah kegiatan. Pada proses penelitian ini *stopwatch* digunakan untuk mengukur waktu pada proses pencacahan plastik pada mesin pencacah *stopwatch* yang di gunakan adalah *stopwatch* dari hp dapat dilihat pada gambar 3.6.



Gambar 3.6. Tampilan *Stopwatch* handPhone

e. *Thermocouple*

Thermocouple digunakan untuk mengukur suhu dalam Hooper pencacahan, dengan jenis *thermocouple* yang mampu mengukur suhu sampai 1200°C. *Thermocouple* yang digunakan memiliki spesifikasi tipe: TM-902C, dan material: Plastik, Adapun *Thermocouple* diperlihatkan pada gambar 3.7.



Gambar 3.7. *Thermocouple*

f. Timbangan

Pada penelitian ini timbangan digunakan untuk mengukur berat dari bahan polimer komposit yang akan dimasukkan pada mesin pencacah agar mengetahui kapasitas produktivitas dan timbangan yang digunakan timbangan digital dapat dilihat pada gambar 3.8 beserta spesifikasinya pada tabel 3.3 sebagai berikut:



Gambar 3.8. Timbangan Digital

Tabel 3.3. Spesifikasi Timbangan Digital

Fitur	Deskripsi Produk
Kapasitas	100 gram
Akurasi	0,01 gram
Warna	Hitam perak
Ukuran Platform (Alas Timbang)	4,5 cm x 7,5 cm
Layar LCD dengan Backlight	Memudahkan pembacaan
Indikator Baterai	Lemah dan Overload
Material Platform	Stainless steel
Housing	High density ABS
Daya	Menggunakan baterai CR-2032

3.3 Metode Penelitian

Metode penelitian pada analisis perpindahan panas pada mesin pencacah polimer komposit adalah sebagai berikut:

- a. Studi literatur, Adapun studi literatur yang dimaksud adalah membaca di perpustakaan dan internet yang berfungsi untuk mendukung pendahuluan, studi pustaka, dan landasan teori pada penulisan tugas akhir ini.
- b. Observasi lapangan, bertujuan untuk mendapatkan performa mesin yang baik saat melakukan analisis dan saat proses pemanasan menggunakan elemen *heater plate*.
- c. Penelitian ini dilakukan analisis perpindahan panas dari elemen pemanas dengan melakukan 3 variasi panas dan 3 variasi bahan cacah yang berbeda.
- d. Selanjutnya diukur dan dihitung secara manual, penghitungan dilakukan guna mendapatkan total perpindahan panas dan pengaruh terhadap mesin dan bahan.
- e. Melakukan perhitungan terhadap nilai laju perpindahan panas dari elemen ke bagian *hooper* mesin pencacah.
- f. Selanjutnya dilakukan perbandingan dan penghitungan dari ke tiga variasi panas yang telah ditetapkan, Adapun alat bantu lain dalam penghitungan ini di gunakan MINITAB.
- g. Menyimpulkan dari hasil penelitian yang dilakukan.

3.4 Populasi dan Sampel

Terdapat jenis populasi yang digunakan dengan jumlah 9 populasi. Variasi suhu pada penelitian ini adalah 60°C, 80°C, dan 110°C. Jenis bahan yang dicacah 70%PP+30%KA, 80%PP+20%KA dan 90%PP+10%KA. Lalu penggunaan variasi ukuran ayakan adalah Takterayak, 20 mesh, dan 40 mesh seperti pada tabel 3.4.

Tabel 3.4. Populasi Spesimen

No	Jenis Populasi	Jenis bahan	Ayakan	Populasi
1	Suhu 60°C	70%PP+30%KA	Tidak Terayak	3
2	Suhu 80°C	80%PP+20%KA	20 Mesh	3
3	Suhu 110°C	90%PP+10%KA	40 Mesh	3
Jumlah				9

3.5 Prosedur Kerja

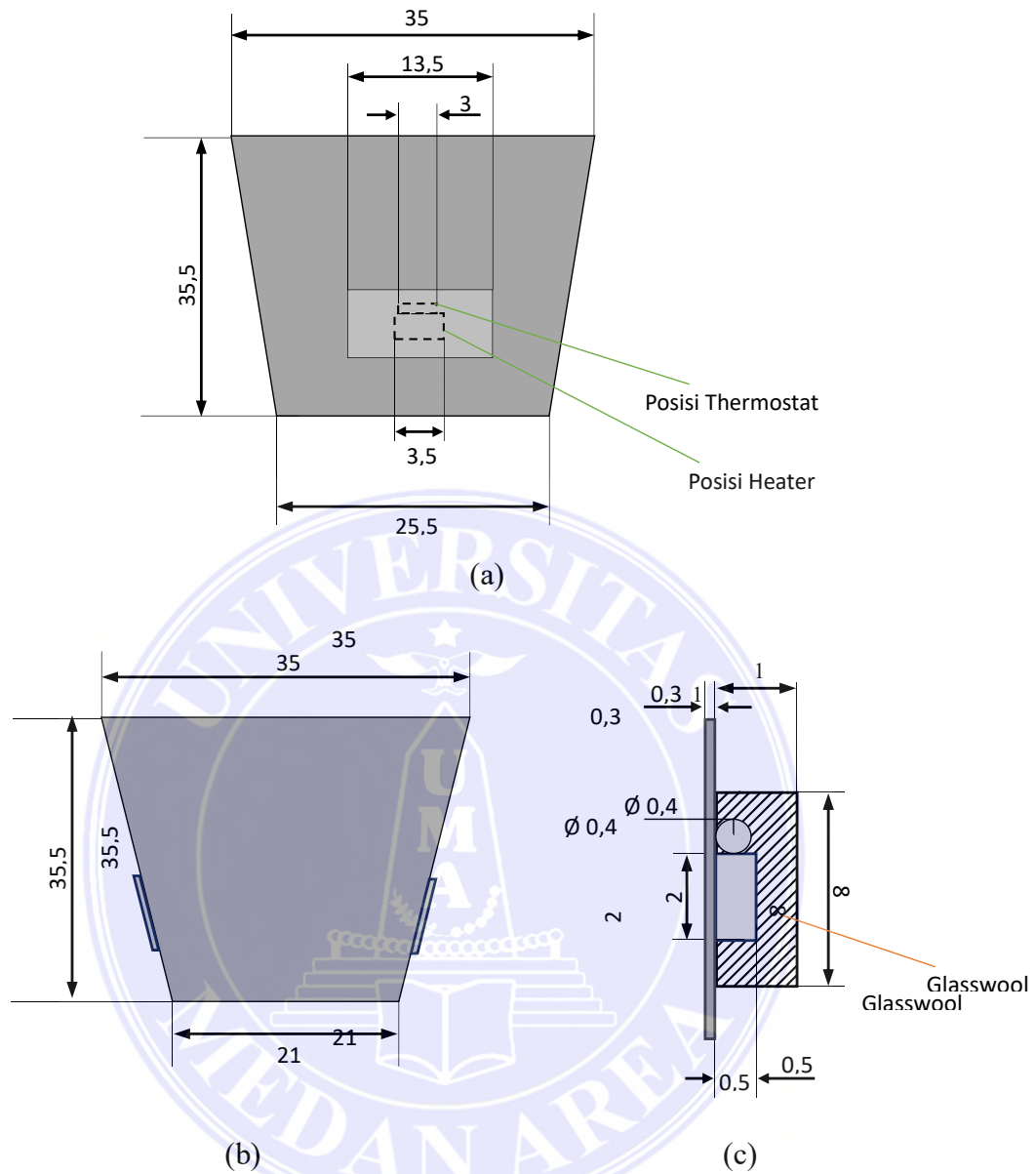
Dalam pengerjaan penelitian tugas akhir ini ada beberapa Langkah yang perlu di lakukan:

- a. Proses pengukuran struktur alat, dimaksud guna untuk mengetahui ukuran dari setiap komponen yang berada pada mesin pencacah polimer komposit dan mempermudah penulis dalam perhitungan pada penulisan tugas akhir ini, pengukuran stuktur alat dapat di lihat pada gambar 3.9.



Gambar 3.9. Proses pengukuran komponen alat

- b. Merakit elemen pemanas pada mesin pencacah polimer komposit. Setelah semua stuktur mesin di ukur, maka di lakukan perakitan elemen pemanas pada bagian hooper mesin pencacah karena sudah di ketahui posisi yang tepat untuk elemen panas, Adapun ukuran hooper tersebut dapat di lihat pada gambar 3.10.



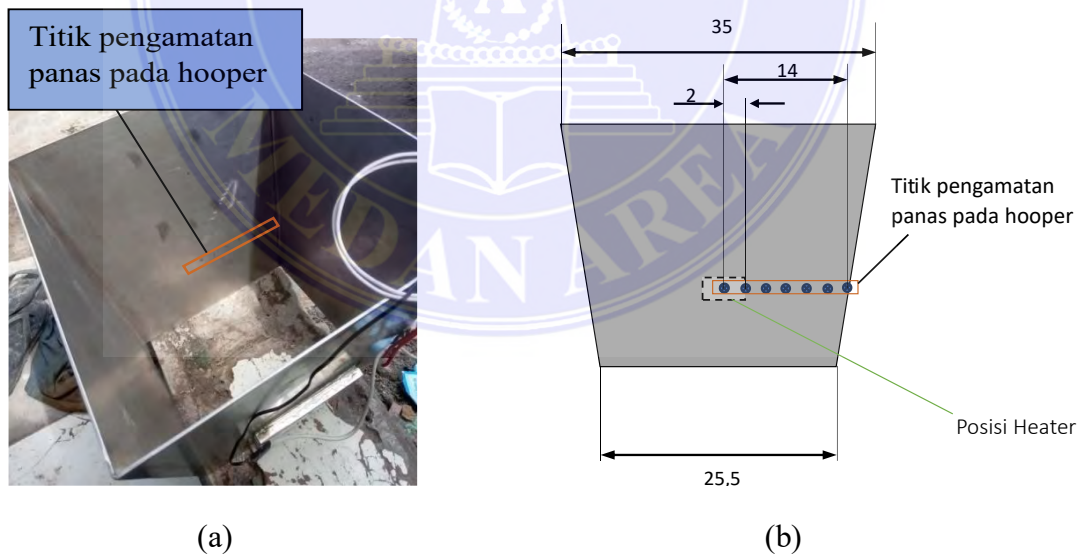
Gambar 3.10. Bentuk dan ukuran *Hooper* pada tampak (a) depan (b) samping dan (c) gambar potongan pada bagian elemen panas

- c. Mempersiapkan semua peralatan, yang dimaksud adalah mempersiapkan alat ukur, seperti stopwact, tachometer, thermocouple, timbangan digital dan merakit hooper dengan elemen panas pada mesin pencacah. Seperti pada gambar 3.11 di bawah.



Gambar 3.11. proses pemasangan hooper pada mesin pencacah

- d. Mempersiapkan tabel atau data yang perlu di ukur, dimana pada tabel akan di isi dengan data yang di peroleh dari titik-titik yang di ukur pada bagian hooper dengan jarak pada setiap titik 2 cm dan diambil pada titik tengah elemen. Adapun titik pengukuran yang di maksud dapat dilihat pada gambar 3.12.



Gambar 3.12. (a) potret dari atas hooper dan (b) ukuran titik pengamatan panas

- e. Memulai pengujian kelayakan penggunaan mesin, yang dimaksud adalah melakukan pengetesan pada mesin dan elemen panas guna mengetahui apakah ada masalah dalam proses putaran, perpindahan panas pada elemen

dan apakah ada tegangan listrik yang ter-aliri pada hooper yang menyebabkan kegagalan pada proses pengambilan data. Contoh pengetesan dengan cara menghidupkan semua sakelar yang ada pada bagian mesin seperti pada gambar 3.13.



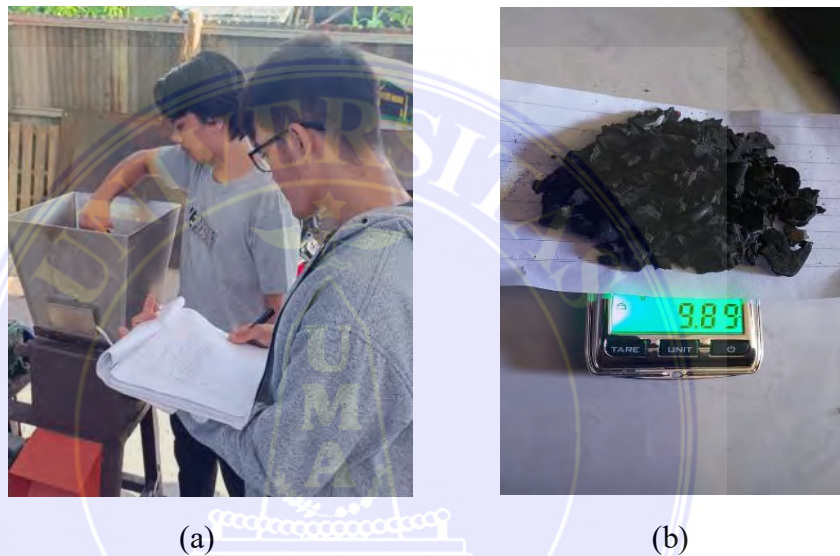
Gambar 3.13. Uji Kelayakan Alat

- f. Setelah dilakukan dan dicek semua layak, maka dilakukan pengujian perpindahan panas pada variasi pertama yaitu 60°C , dengan cara mengatur suhu yang ditentukan pada thermostat dan memulai pencacahan guna mendapatkan nilai panas dan hasil cacahan yang diinginkan. Adapun proses pencacahan dapat dilihat seperti pada gambar 3.14.



Gambar 3.14. proses pencacahan

- g. Setelah dilakukan pencacahan maka Langkah selanjutnya adalah pengukuran dan pengamatan pada variasi pertama. Untuk mendapatkan besar perpindahan panas menyeluruh dari titik yang di tentukan dengan distribusi panas yang di pengaruhi bahan cacahan dan suhu lingkungan, yang di ukur disini adalah bahan polimer komposit dan panas pada hooper seperti pada gambar 3.15.

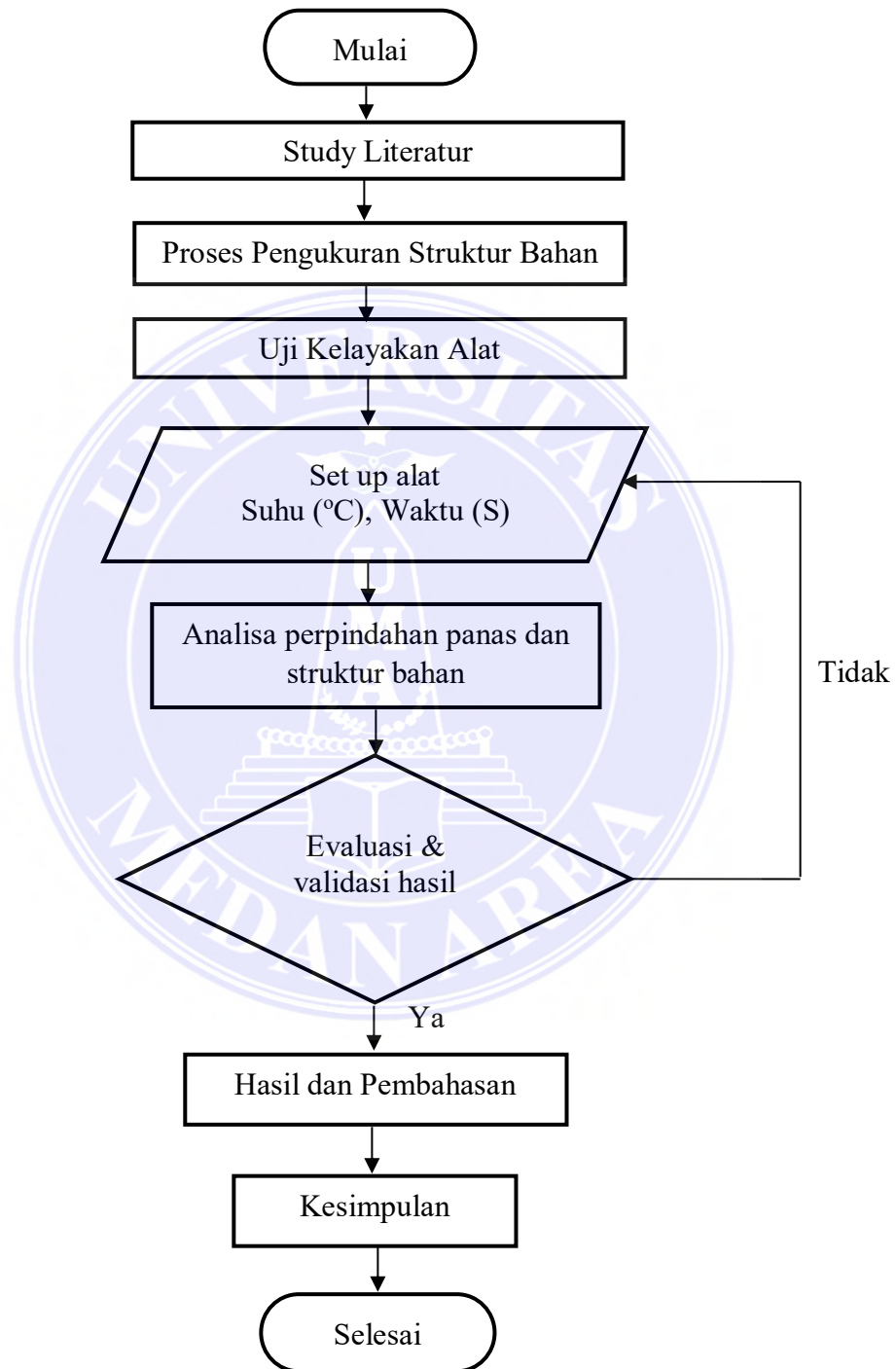


Gambar 3.15. (a) proses pengukuran panas dan (b) Proses pengukuran massa bahan cacah

- h. Dengan Langkah-Langkah sebelumnya, maka di lakukan juga pada variasi panas ke-2 dan ke-3 yaitu dengan suhu 80 °C dan 110 °C .
- i. Setelah semua di hitung maka di lakukan penulisan ilmiah berupa tugas akhir secara manual maupun menggunakan bantuan software MINITAB.

3.5.1 Diagram Alir Penelitian

Diagram alir pada pelaksanaan penelitian tugas akhir ini dapat dilihat pada gambar 3.16.



Gambar 3.16. Diagram Alir Penelitian.

BAB V

SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Dari penelitian yang di lakukan berdasarkan hasil pengambilan data dan perhitungan baik menggunakan Minitab Statistical maupun manual dapat di tarik beberap kesimpulan, yaitu sebagai berikut :

1. Dari data yang di dapatkan hasil cacahan terbanyak yang di katakan halus dengan menggunakan ayakan 40 mesh dengan suhu 60 °C dengan ke tiga variasi polimer tersebut adalah 1,22 gram pada bahan campuran 70%PP + 30%KA dan dengan suhu 80 °C hasil cacahan terbanyak yang dikatakan halus adalah 0,69 gram pada bahan campuran 90%PP + 10%KA dan dengan suhu 110 °C cacahan terbanyak yang dikatakan halus adalah 0,66 gram pada bahan campuran 80%PP + 20%KA maka melihat dari hasil di massa yang di dapatkan dengan tiga variasi suhu dan tiga variasi bahan maka perlakuan pengaruh variasi suhu terhadap kualitas cacahan dapat dikatakan tidak signifikan.

2. Setelah perhitungan dan pengamatan hasil perpindahan panas konduksi dan koveksi maka di dapatkan nilai perpindahan panas menyeluruh yang terjadi pada bagian hooper dengan 3 variasi suhu dan tiga variasi bahan yaitu pada suhu 60°C dengan bahan campuran 90%PP+10%KA dengan nilai 118,18Watt, dan bahan campuran 80%PP+20%KA dengan nilai 121,96Watt dan dengan bahan 70%PP+30%KA dengan nilai 116,49Watt. Adapun variasi suhu kedua yaitu 80°C dengan bahan campuran 90%PP+10%KA dengan nilai 205,86Watt, dan bahan campuran 80%PP+20%KA dengan nilai 201,294Watt dan dengan bahan

70%PP+30%KA dengan nilai 199,635Watt. Adapun variasi suhu ketiga yaitu 110°C dengan bahan campuran 90%PP+10%KA dengan nilai 323,543Watt, dan bahan campuran 80%PP+20%KA dengan nilai 322,325Watt dan dengan bahan 70%PP+30%KA dengan nilai 321,513Watt. Maka jika dilihat dari hasil nilai tersebut nilai perpindahan panas menyeluruh yang terbesar adalah 60°C di bahan 80% PP + 20% KA dengan nilai 121,96Watt, dan 80°C di bahan 90% PP + 10% KA dengan nilai 205,86Watt, dan 110°C di bahan 90% PP + 10% KA dengan nilai 323,543Watt.

5.2 Saran

Saran yang dapat penulis sampaikan untuk penelitian selanjutnya melihat penelitian yang telah dilakukan adalah :

1. Gunakan elemen panas yang memiliki suhu lebih tinggi supaya dapat melihat pengaruh yang signifikan pada hasil cacahan.
2. Pada saat melaksanakan penelitian laksanakanlah di dalam ruangan yang tidak terlalu mempengaruhi suhu hooper.
3. Gunakan bahan cacah yang lebih banyak untuk mempermudah melihat hasil cacahan yang paling berpengaruh pada suhu.
4. Gunakan 2 alat ukur thermocouple agar dapat mengetahui suhu pada ruang hooper dan suhu pada elemen panas pada waktu yang bersamaan.

DAFTAR PUSTAKA

- Andre, Ziaulfata Alta, Teuku Zulfadl, And Nazaruddin. 2021. "Analisa Perpindahan Panas Pada Atap Seng Berwarna Hitam Dengan Variasi Ruang Di Aceh Besar." 2(2): 43–52.
- Apt. Mia Fitriana, S.F.M.S., S.S.M.T. Dr. Aldi Budi Riyanta, S.P.M.S. Wilda Amananti, S.S.M.S. Yuanita Amalia Hariyanto, S.P.M.P. Kusnadi, S.F.M.S. Apt. Hamidah Sri Supriati, S.F.M.F. Muhimmatul Khoiriyah, Et Al. 2022. *Fisika Farmasi: Sains Dan Terapan*. Kaizen Media Publishing. <https://books.google.co.id/books?id=S2ygeaaaqbaj>.
- Darmawan, Nyoto Agung, And Hesti Istiqlailiyah. 2021. "Analysis Heat Transfer On Vacuum Frying Machine With 3kg Capacity." : 31–35.
- Erawati, Emi, And Ardiansyah Fernando. 2018. "Jurnal Integrasi Proses Pengaruh Jenis Aktivator Dan Ukuran Karbon Aktif Terhadap Pembuatan Adsorbent Dari Serbuk Gergaji Kayu Sengon (*Paraserianthes Falcataria*) 1 , 2 Program Studi Teknik Kimia , Faku." *Website* : <http://jurnal.untirta.ac.id/index.php/jip> 7(2): 58–66.
- Fanani, Akhmad Rizal, Muhammad Agus Sahbana, And Purbo Suwandono. 2021. "Pengaruh Konduktivitas Thermal Pada Hot Cylinder Mesin Stirling Menggunakan Energi Surya Terkonsentrasi." 10(2): 248–57.
- Firdiyono, Florentinus, And Qosim Sya. 2012. "Penyerapan Ion Aluminium Dan Besi Dalam Larutan Sodium Silikat Menggunakan Karbon Aktif." 2(4).
- Holman, J P. 1993. *Heat Transfer*. Mcgraw-Hill. <https://books.google.co.id/books?id=6wjppwaacaaj>.
- Lubis, Hasrin, And Al Fathir. 2016. "Rancang Bangun Alat Penggongseng Kelapa Untuk Pembuatan Bumbu Dapur Dengan Menggunakan Pemanas Listrik Temperatur 800c Dengan Kapasitas 3 Kg." 14: 3–8.
- Nur, Putrialita, Tri Ayodha, Ajiwiguna, M. Ramdhan, And Kirom. 2019. "Efficiency Analysis Of Solar Water Heater In Direct And Indirect Circulation Systems." 6(2): 4924–30.
- Paulus, Dimitri Ryumiliano, And Lmf Purwanto. 2022. "Perbandingan Transfer Panas Pada Software Psi-Therm, Htflux Dan Ansys." *Joda Journal Of Digital Architecture* 1(2): 98–109. Doi:10.24167/Joda.V1i2.4306.
- Permatasari, Anugrah Rizqi, Lia Umi Khasanah, And Esti Widowati. 2014. "Karakterisasi Karbon Aktif Kulit Singkong (Manihot Utilissima) Dengan Variasi Jenis Aktivator." (August): 0–6. Doi:10.20961/Jthp.V0i0.13004.
- Poernomo, Heroe. 2013. "Pembuatan Alat Monitoringmesin Penukar Panas (Heat Exchanger) Untuk Menganalisis Unjuk Kerja Dan." : 164–74.
- Pratama, A Hmaddani, Faqih Fatkhurrozak, And Firman Lukman Sanjaya. 2021. "Uji Pengaruh Variasi Putaran Mesin Terhadap Kapasitas Pada Mesin

- Pencacah Plastik.” <https://ejournal.lumbangpare.org/index.php/jim/index>.
- Rahmawati, Anita. 2017. “Comparison Of Utilization Polypropilene (Pp) And High Density Polyethylene (Hdpe) On Laston _ Wc Mixture.” *Media Teknik Sipil* 15: 11–19. <http://ejournal.umm.ac.id/index.php/jmts/article/view/4414>.
- Rahmawaty, Siti Auliana. 2021. “Analisa Kekuatan Tarik Dan Tekuk Pada Komposit Fiberglas-Polyester Berpenguat Serat Gelas Dengan Variasi Fraksi Volume Serat.” *Jtm-Iti (Jurnal Teknik Mesin Iti)* 5(3): 146. Doi:10.31543/jtm.v5i3.685.
- Rathore, M M, And R R Kapuno. 2011. *Engineering Heat Transfer*. Jones & Bartlett Learning. <https://books.google.co.id/books?id=Ertpn94lcosc>.
- Rochmadi, And Permono. 2018. “Mengenal Polimer Dan Polimerisasi.” 2: 95–96.
- Ronald F, Gibson. 2003. *Medical Textiles Principles Of Composite Material Mechanics*. 2nd Ed.
- Syariah, Kelembagaan Bank, And Graha Ilmu. “Teknologi Material Komposit.” (September 2016): 1–6.
- T Wuryandari, T Widiari, Sayekti Dewi Anggraini. 2009. “Metode Taguchi Untuk Optimalisasi Produk Pada Rancangan Faktorial. *Media Statistika*, 2(2).” : 81–92.
- Wijiati, Linda, And Utomo Kuku. 2019. “Studi Eksperimen Perpindahan Panas Konveksi Paksa Pada Berkas Pin Fin Berpenampang Circular Dengan Susunan Aligned.” 8(1).
- Yuzan, M Ghiffari. 2021. “Pengaruh Perpindahan Panas Tabung Barrel Pada Mesin Extruder Plastik.” 1(November): 1–8.

LAMPIRAN

Lampiran 1 Tabel Properties of air at 1 atm pressure

948
PROPERTY TABLES AND CHARTS

TABLE A-9
Properties of air at 1 atm pressure

Temp. <i>T</i> , °C	Density ρ , kg/m ³	Specific Heat c_p , J/kg·K	Thermal Conductivity k , W/m·K	Thermal Diffusivity α , m ² /s	Dynamic Viscosity μ , kg/m·s	Kinematic Viscosity ν , m ² /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

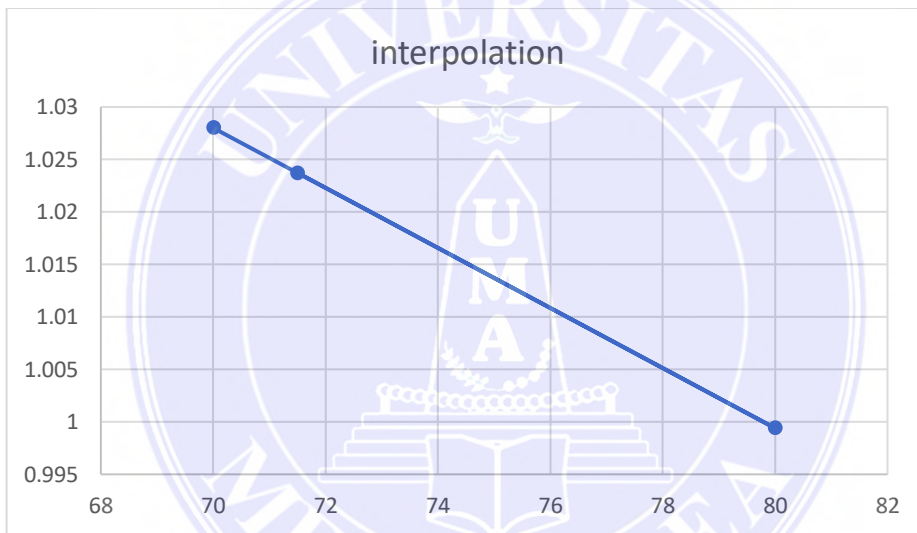
Note: For ideal gases, the properties c_p , k , μ , and Pr are independent of pressure. The properties ρ , ν , and α at a pressure P (in atm) other than 1 atm are determined by multiplying the values of ρ of the given temperature by P and by dividing ν and α by P .

Lampiran 2 Tabel interpolasi pada perpindahan konveksi

Meninterpolasi dengan bantuan miskroskop exel pada tabel bagan sifat udara 1 atm

Contoh interpolasi ρ suhu 110 °C

suhu 110	ρ
70	1.028
80	0.9994
71.5	1.02371



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