

**ANALISIS TEMPERATUR PADA PROSES  
EXTRUDING PELET APUNG**

**SKRIPSI**

**OLEH:  
FAJAR SHODIQ  
13.813.0004**



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MEDAN AREA  
MEDAN  
2021**

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 17/12/21

Access From (repository.uma.ac.id)17/12/21

**ANALISIS TEMPERATUR PADA PROSES  
EXTRUDING PELET APUNG**

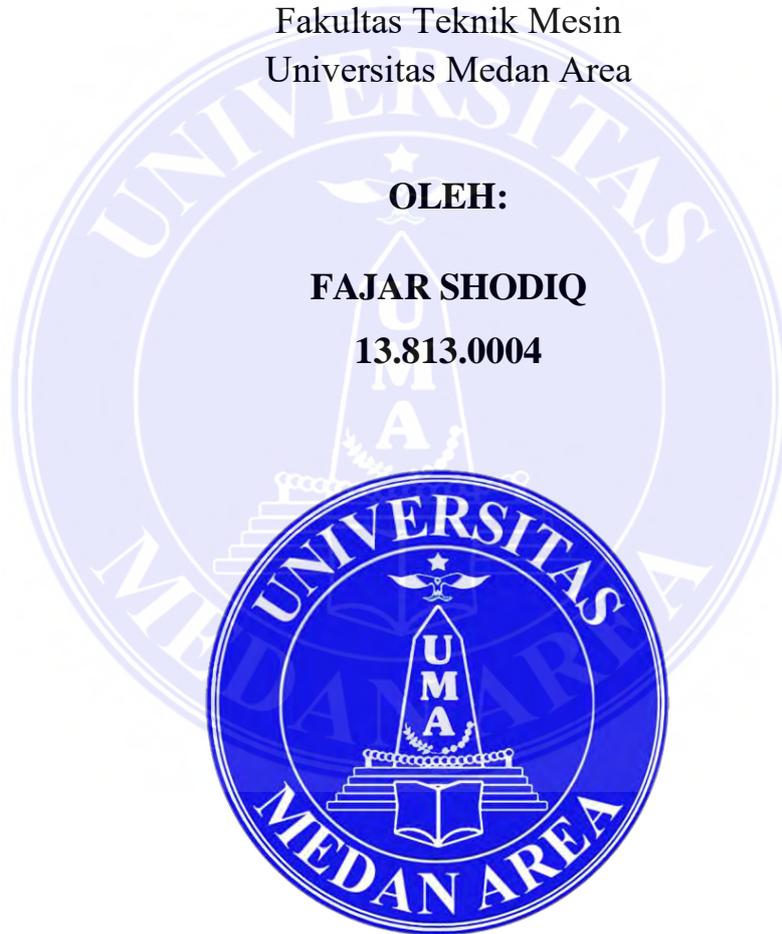
**SKRIPSI**

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

**OLEH:**

**FAJAR SHODIQ**

**13.813.0004**



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MEDAN AREA  
MEDAN  
2021**

UNIVERSITAS MEDAN AREA

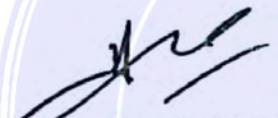
© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

## HALAMAN PENGESAHAN BUKU SKRIPSI

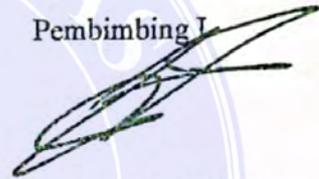
Judul Skripsi : Analisis Temperatur Pada Proses Extruding Pelet Apung.  
Nama : Fajar Shodiq.  
NPM. : 13.813.0004.  
Program Studi : TEKNIK MESIN.  
Fakultas : TEKNIK.

Disetujui Oleh Komisi Pembimbing:

Pembimbing II

  
(Ir. Amrinsyah, MM.)  
NIDN : 0027125603

Pembimbing I

  
(Ir. H. Darianto, M.Sc.)  
NIDN : 01260665502

Dekan:

  
(Dr. H. Maizana, M.T.)  
NIDN : 0112096601

Dekan Prodi Teknik Mesin:

  
(S.T., M.T.)  
NIDN : 0106056104

Tanggal Lulus : 28 Januari 2021.

## HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Fajar Shodiq.

NIM. : 13.813.0004.

Jurusan : Teknik Mesin.

Fakultas : Teknik.

Judul Skripsi : "Analisis Temperatur Pada Proses Extruding Pelet Apung"

Dengan ini 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 dengan norma, 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, 09 Nopember 2020.



**Fajar Shodiq**  
**13.813.0004**

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

Sebagai civitas akademik Universitas Medan Area, Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Fajar Shodiq.  
NIM : 13.813.0004.  
Fakultas : TEKNIK.  
Program Studi : TEKNIK MESIN.  
Jenis Karya : Tugas Akhir / Skripsi.

Demi pengembangan Ilmu Pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Medan Area Hak Bebas Royalti Non eksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul : Analisis Temperatur Pada Proses Extruding Pelet Apung. Dengan Bebas Royalti Non Eksklusif ini Universitas Medan Area berhak menyimpan, mengalih mediakan / formatkan, mengelola dalam bentuk perangkat data (*database*), merawat dan mempublikasikan tugas akhir / skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis / pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Medan, 28 Januari 2021.

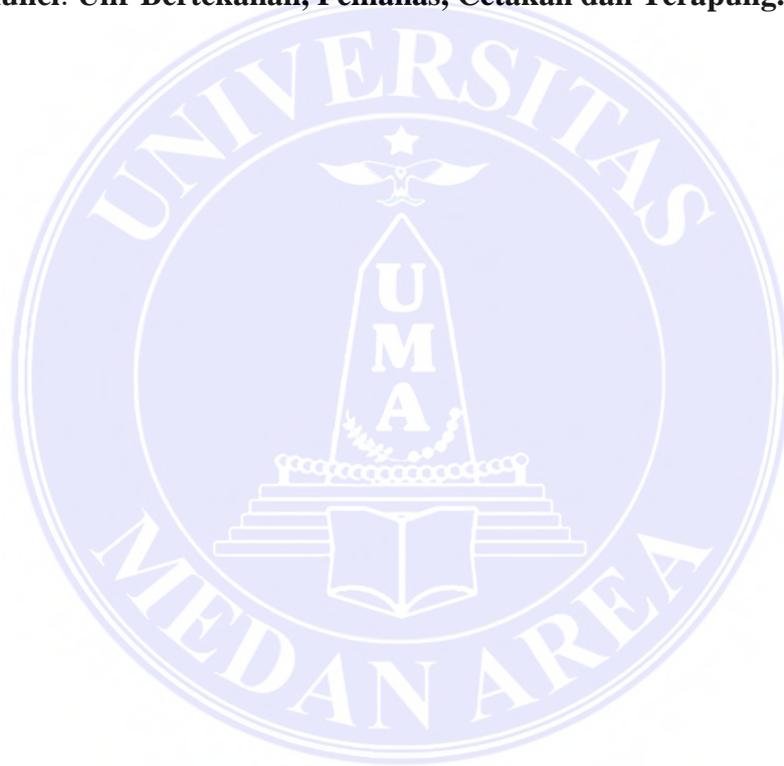
Yang menyatakan:

  
**Fajar Shodiq**  
**13.813.0004**

## ABSTRAK

Bahan baku pelet didorong dan ditekan keluar pada mesin pencetak melalui suatu lubang terbatas (cetakan/die) pada ujung ulir. Pemanas memberikan panas pada bahan yang diekstrusi yang disebut ekstrusi panas. Pisau potong digunakan untuk meratakan ukuran potongan hasil ekstrusi, dan ciri utama proses ekstrusi adalah sifatnya yang kontinyu. Alat ekstruder dioperasikan dalam kondisi kesetimbangan dinamis, yaitu input setara dengan output, bahan yang masuk setara dengan produk. Akibat panas saat proses produksi pelet, menjadikan kadar air pada bahan menguap hasil pelet bisa terapung di air.

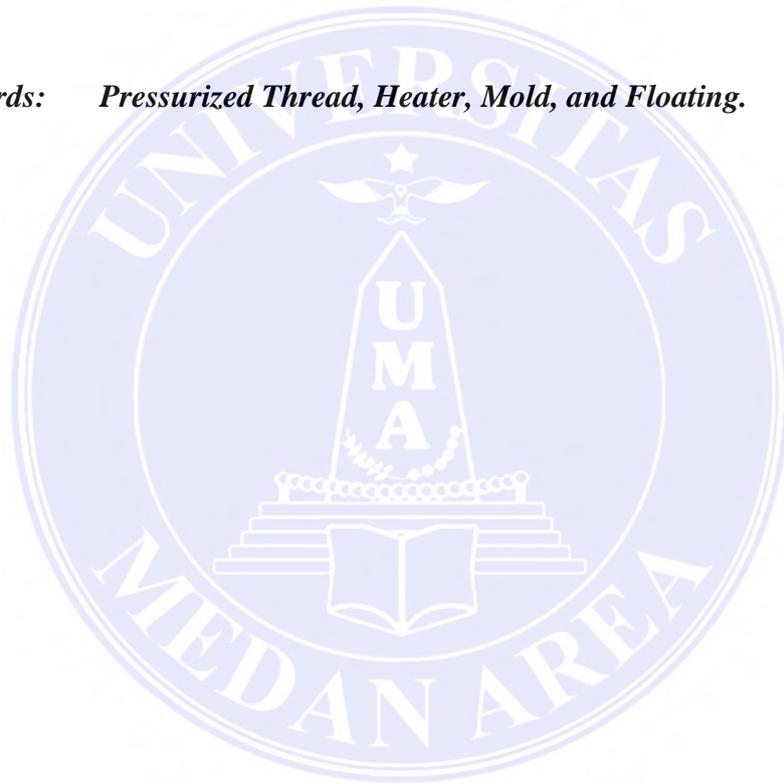
**Kata kunci:** Ulir Bertekanan, Pemanas, Cetakan dan Terapung.



## **ABSTRACT**

*The raw pellets material was pushed and pressed out on the molding machine through a limited hole (die) at the threaded ends. The heater gave heat to the extruded material called hot extrusion. Then, the knife was used to flatten the extruded cut size, and the main characteristic of the extrusion process was its continuous nature. The extruder was operated in conditions of dynamic equilibrium that was, the input was equivalent to the output, and the incoming material was equivalent to the product. Due to the heat during the pellets production process, it made the water content in the material evaporates, the pellets could float in the water.*

**Keywords:** *Pressurized Thread, Heater, Mold, and Floating.*



## BIODATA PENULIS



Penulis bernama **Fajar Shodiq** dilahirkan di Kecamatan Diwek, Jombang pada tanggal 04 Maret 1978. Penulis merupakan anak ke dua dari 5 bersaudara, pasangan dari **Fadelal**, dan **Ngatinah**. Penulis menyelesaikan pendidikan tingkat dasar di Madrasah Ibtidaiyah Al Urwatul Wutsqo, Bulorejo, Jombang dan Tamat pada tahun 1991. Pada tahun yang sama penulis melanjutkan pendidikan tingkat menengah di Madrasah Tsanawiyah Al Urwatul Wutsqo dan Tamat pada Tahun 1994. Pada tahun yang sama penulis melanjutkan pendidikan tingkat atas di Madrasah Aliyah Negeri Tambak Beras, Jombang, Jurusan IPS dan Tamat pada tahun 1997. Pada tahun 1997 s/d 2007, penulis bekerja di PT. SAC Nusantara (Kontraktor), Jakarta. Pada tahun 2008 s/d 2021 (saat ini), penulis pindah bekerja di PT. Budi Perkasa Alam (Kontraktor), Medan. Pada tahun 2013 Penulis masuk di Perguruan Tinggi, Fakultas Teknik Program Studi Teknik Mesin, di Universitas Medan Area, Medan. Dikarenakan kesibukan bekerja, penulis selesai pada tahun 2021.

## KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur kehadiran Allah SWT karena atas limpahan rahmat dan karunia-NYA kepada kita semua, yang telah memberikan kekuatan, kesempatan serta kesehatan sehingga skripsi ini telah diselesaikan.

Skripsi ini adalah salah satu syarat Mahasiswa Fakultas Teknik Mesin Universitas Medan Area untuk mendapatkan gelar sarjana, dalam hal ini judul skripsi penulis adalah “Analisis Temperatur Pada Proses Extruding Pelet Apung”.

Dengan selesainya penulisan tugas akhir ini, penulis ingin mengucapkan banyak terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Dadan Ramdan, M.Eng., M.Sc., selaku Rektor Universitas Medan Area.
2. Ibu Dr.Ir. Dina Maizana, MT., selaku Dekan Universitas Medan Area.
3. Ibu Susilawati, S.Kom., M.Kom., selaku Wakil Dekan Bidang Akademik Universitas Medan Area.
4. Bapak Muhammad Idris, ST., MT., selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin Universitas Medan Area.
5. Bapak Ir. H. Darianto, MSc., selaku Dosen Pembimng I.
6. Bapak Ir. Amrinsyah, MM., selaku Dosen Pembimbing II.
7. Seluruh staf pengajar di Universitas Medan Area.
8. Orang tua, Istri dan Anak-anak tercinta.
9. Teman-teman sejawat yang telah banyak memberi bantuan, saran serta masukan pada penulis dalam menyelesaikan tugas akhir.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kata sempurna, hal ini karena masih terbatasnya pengetahuan penulis. Penulis sangat mengharapkan adanya masukan berupa kritik dan saran yang bersifat membangun demi perbaikan dan kesempurnaan tugas akhir ini. Semoga skripsi ini bermanfaat bagi kita semua.

Medan, 09 Nopember 2020.

Penulis:

**Fajar Shodiq**  
**13.813.0004**

## DAFTAR ISI

	Halaman
ANALISIS TEMPERATUR PADA PROSES .....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN PERNYATAAN .....	iii
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR / SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS.....	iv
ABSTRAK.....	v
<i>ABSTRACT</i> .....	vi
BIODATA PENULIS .....	vii
KATA PENGANTAR .....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL.....	xi
BAB I. PENDAHULUAN .....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Permasalahan.....	4
1.3. Batasan Masalah.....	4
1.4. Tujuan Penelitian.....	4
1.1 Manfaat Penelitian.....	4
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1. Pengertian Extrusi.....	6
2.2. Sejarah Extrusi .....	7
2.3. Proses Extrusi.....	12
2.4. Jenis-Jenis Ekstrusi.....	13
2.5. Extruder.....	14
2.6. Ulir Ekstruder.....	17
2.7. Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Ekstrusi.....	22
2.8. Keunggulan Proses Ekstrusi.....	22
2.9. Rumus Perhitungan.....	27
BAB III. METODOLOGI PENELITIAN.....	29
3.1. Waktu dan Lokasi Penelitian.....	29
3.2. Persiapan Bahan dan Alat.....	30
3.3. Jenis Penelitian.....	33
3.4. Pelaksanaan Penelitian.....	34
3.5. Konsep Penelitian.....	38
3.6. Parameter Penelitian.....	38
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN .....	39
4.1. Hasil Penelitian.....	39
4.2. Pembahasan Hasil Penelitian.....	43
BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN.....	46
5.1. Kesimpulan .....	46
5.2. Saran.....	46
DAFTAR PUSTAKA .....	47

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1. Mesin pelet apung. ....	31
Gambar 3.2. Mesin penggerak utama. ....	32
Gambar 3.3. Gear box reduser dari mesin penggerak ke screw. ....	32
Gambar 3.4. Infrared Thermo Gun. ....	33
Gambar 3.5. Menimbang tepung bahan bahan pelet. ....	34
Gambar 3.6. Menimbang air campuran bahan pelet. ....	35
Gambar 3.7. Mencampur bahan pelet. ....	35
Gambar 3.8. Memasukkan bahan pelet ke mesin pembuat pelet. ....	36
Gambar 3.9. Ilustrasi titik posisi pengukuran temperatur. ....	37
Gambar 3.10. Proses pengukuran temperatur. ....	37
Gambar 3.11. Proses pencetakan pelet. ....	37
Gambar 3.16. Flow chart kegiatan penelitian. ....	38
Gambar 4.1. Sketsa mesin ekstruder pelet apung. ....	39
Gambar 4.2. Grafik perbandingan temperatur vs waktu menggunakan heater. ...	40
Gambar 4.3. Hasil ukuran pelet apung. ....	40
Gambar 4.4. Hasil extruding pelet dengan campuran air 20 %. ....	41
Gambar 4.5. Hasil extruding pelet dengan campuran air 10 %. ....	42
Gambar 4.6. Percobaan pelet langsung diletakkan di air. ....	42
Gambar 4.7. Percobaan pelet diletakkan di air setelah didiamkan beberapa saat ....	43

## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Kegiatan skripsi. ....	29
Tabel 3.2 Komposisi bahan.....	31
Tabel 4.1. Tabel perbandingan waktu dan temperatur menggunakan heater.....	40
Tabel 4.2. Putaran mesin dan temperatur.....	41
Tabel 4.3. Komposisi bahan dan hasil terapung. ....	41



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang.

Pelet apung adalah bentuk makanan untuk ikan yang dibuat dari beberapa macam bahan yang dicampur dan dijadikan adonan, kemudian dicetak menjadi berbagai macam bentuk, dan umumnya berbentuk bulat kecil-kecil.

Mengingat kebutuhan masyarakat dalam konsumsi ikan yang begitu tinggi di Medan, untuk memenuhi kebutuhan konsumsi ikan, tidak bisa jika hanya mengandalkan dari ikan tangkapan dari laut saja. Lebih lagi, saat ini produksi ikan tangkap mengalami penurunan yang disebabkan iklim yang terus berubah. Karena itu, produksi ikan budidaya harus ditingkatkan.

Untuk menunjang produksifitas budidaya ikan, maka dibuatlah mesin pembuat pelet apung yakni salah satu dari sekian banyak alat-alat industri yang digunakan untuk mendukung pemenuhan kebutuhan dari pada industri peternakan. Jenis pakan ternak sendiri juga banyak ragamnya dari jenis pakan ternak hewan darat atau hewan air. Di pasaran sudah banyak dijual mesin pembuat pelet apung, pada umumnya tidak diketahui kapasitas kekuatan mesin tersebut. Termasuk mesin pembuat pelet apung yang ada di CV. Micro Enterprises General and Supplier, Jln. Pelita I No. 1A - Medan Medan - Sumatera Utara – Indonesia, dengan tabung 65 mm dan screw 60 mm.

Salah satu mesin pencetak kemasan yang digunakan adalah mesin *extrusion lamination*. Prinsip kerja mesin ini ialah memasukan bahan-bahan mentah yang akan diolah, kemudian didorong keluar melalui suatu lubang cetakan (*die*). *Die* ini berbentuk piringan atau silinder dengan lubang cetakan yang terletak pada bagian

akhir *extruder*. *Die* berfungsi sebagai pembentuk atau pencetak bahan setelah diolah di dalam *extruder* ke bentuk yang diinginkan. Mesin ekstrusi memiliki bagian yang bernama *extruder*. *Extruder* memiliki fungsi sebagai pelebur biji plastik yang nantinya akan diproses melalui zona pemanas yang memiliki suhu berbeda-beda dan akan didorong keluar oleh *screw conveyor* untuk sampai pada bagian *dies* untuk berbagai macam proses selanjutnya. Hal yang perlu diperhatikan pada proses peleburan adalah proses pemasukan komposisi bahanbahan yang nantinya akan diproses, karena apabila terjadi kesalahan pada saat pencampuran komposisi tersebut maka akan terjadi kegagalan produksi serta menghasilkan barang yang NG (*not good*). Kegagalan proses produksi akan berdampak sangat luas pada perusahaan, seperti penurunan kualitas dan kepercayaan dari konsumen mengenai hasil cetak yang dihasilkan [1].

Ekstrusi adalah proses yang menggabungkan beberapa tahapan yang mengakibatkan terjadinya penekanan, gesekan antara bahan, *screw*, tabung ekstruder dan *die*. Dari proses tersebut maka terjadi adanya temperatur. Temperatur yang terjadi berguna untuk membantu mempermudah proses ekstrusi. Yaitu akibat temperatur yang tinggi maka bahan pelet saling mengikat akan menyatu sampai proses pencetakan pada *die* [2].

Tujuan utama ekstrusi adalah untuk meningkatkan variasi bentuk produk dengan berbeda bentuk, warna, rasa, dan tekstur dari bahan dasar. Sebagai teknologi berkembang, berbagai makanan ekstrusi yang dimasak menjadi tersedia untuk pelanggan yang sadar kesehatan. Untuk banyak makanan ekstrusi, seperti makanan ringan, karakteristik nutrisi mungkin tidak terlalu penting. Namun, satu kemungkinan efek samping dari ekstrusi makanan adalah penghancuran vitamin

selama pemrosesan. Meskipun peningkatan penggunaan proses ekstrusi, ada sedikit informasi yang tersedia mengenai stabilitas vitamin selama ekstrusi [2].

Teknologi ekstrusi memiliki peran penting dalam industri makanan karena proses manufaktur yang efisien, peran utamanya dikembangkan untuk menyampaikan dan membentuk cairan untuk bahan mentah olahan, seperti adonan dan pasta. Teknologi memasak ekstrusi digunakan untuk pemrosesan sereal dan protein dalam makanan dan, terkait erat, makanan hewan dan sektor pakan. Unit pemrosesan telah berevolusi dari alat pengangkut sederhana menjadi sangat canggih dalam dekade terakhir. Saat ini, fungsi pemrosesannya dapat mencakup pengangkutan, pencampuran, pemotongan, pemisahan, pemanasan atau pendinginan, pembentukan, ekstrusi bersama, ventilasi volatil dan kelembaban, pembentukan rasa, enkapsulasi dan sterilisasi. Mereka dapat digunakan untuk memproses suhu yang relatif rendah, seperti pasta dan adonan pelet setengah produk, atau pada yang sangat tinggi dengan roti pipih dan makanan ringan yang diekstrusi. Tekanan yang digunakan dalam pengestrusi untuk mengontrol pembentukan, untuk menjaga air dalam keadaan cair super panas dan untuk meningkatkan gaya geser pada jenis sekrup tertentu, mungkin sangat dari sekitar 15 hingga lebih dari 200 atmosfer [3].

Kesehatan dan nutrisi adalah hal yang paling menuntut dan medan yang menantang di era ini dan akan terus berlanjut di masa depan juga. Mempertahankan dan meningkatkan kualitas nutrisi makanan selama pemrosesan makanan adalah bidang yang selalu berpotensi penting untuk penelitian. Penurunan kualitas nutrisi, karena tinggi suhu, adalah masalah yang menantang dalam kebanyakan tradisional metode memasak. Memasak ekstrusi lebih disukai untuk teknik pengolahan

makanan lainnya dalam hal berkelanjutan proses dengan produktivitas tinggi dan signifikan retensi nutrisi, karena suhu yang tinggi dan waktu yang dibutuhkan singkat [4].

## 1.2. Rumusan Permasalahan.

Berdasarkan masalah yang telah dibicarakan sebelumnya. Penulis merumuskan masalah yang terjadi pada proses extruding pelet apung. Rumusan masalah yang akan dianalisa sebagai berikut:

1. Temperatur yang timbul pada proses extruding.
2. Menghasilkan pelet yang bisa terapung di air.

## 1.3. Batasan Masalah.

Penelitian ini hanya difokuskan pada barrel yang terdapat panas pada saat proses ekstrusi pelet, saat proses ekstrusi terjadi gesekan dan tekanan yang mengakibatkan adanya panas pada barrel.

## 1.4. Tujuan Penelitian.

Ada beberapa tujuan yang akan dicapai pada penelitian ini diantaranya:

1. Untuk mengetahui temperatur yang sesungguhnya pada proses extruding.
2. Menentukan standar ukuran pelet yang dihasilkan.
3. Menentukan komposisi bahan pelet yang ideal.

## 1.1 Manfaat Penelitian.

Beberapa manfaat yang akan dicapai pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Hasil penelitian diharapkan dapat menjadi sumbangan pemikiran bagi ilmu pengetahuan serta dapat memberi informasi kepada masyarakat, khususnya kepada industri yang bergerak di pengolahan pakan ternak yakni pelet apung.

2. Membantu mahasiswa dalam memahami proses yang terjadi pada proses extruding pelet apung.



## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1. Pengertian Extrusi.

Proses ekstrusi telah populer untuk waktu yang lama. Telah digunakan untuk mencampur, mendorong, membentuk dan memasak dalam produksi banyak produk seperti makaroni, spaghetti atau sereal siap makan. Dalam produk siap makan, proses memberi energi pada umpan dan dengan suhu dan tekanan tinggi, perubahan kimia dan fisik terjadi. Gelatinisasi pati, ekspansi dan denaturasi protein adalah beberapa contoh dari perubahan ini. Produk ekstrusi populer di kalangan masyarakat karena mereka siap saji dan memiliki umur simpan yang lama. Karakteristik yang memisahkan proses ekstrusi dari proses konvensional lainnya adalah bahwa itu sesuai untuk isi kelembaban rendah dan itu adalah proses yang berkesinambungan [5].

Extruder adalah mesin yang menghasilkan produk dalam berbagai ukuran, bentuk, atau tekstur. Mereka memiliki sekrup yang mendorong umpan, yang sebagian besar merupakan adonan, melalui penekanan dan melewati cetakan [5].

Teknologi ekstrusi memiliki beberapa hal positif yang unik fitur dibandingkan dengan proses panas lainnya, karena bahan tersebut mengalami geser mekanis yang intens. Hal ini terjadi proses memutuskan ikatan kovalen dalam biopolimer, dan gangguan struktural yang intens dan pencampuran memfasilitasi modifikasi sifat fungsional dari bahan makanan dan / atau texturizing mereka [4]. Selain itu, ekstrusi proses denatur enzim yang tidak diinginkan; menonaktifkan beberapa faktor antinutritional (inhibitor tripsin, hemaglutinin, tanin dan phytates); mensterilkan produk jadi; dan mempertahankan warna alami dan rasa makanan [4].

Kecepatan sekrup ekstruder memiliki peran penting pada produk dengan mempengaruhi waktu tinggal dan tegangan geser yang diterapkan pada produk[5]. Dengan kombinasi kecepatan sekrup dan kelembaban, panas yang dihasilkan menyebabkan pati meleleh [5].

Pada ekstruder sekrup geser rendah, pemasakan adonan tidak diinginkan sehingga energi mekanik dicoba dijaga minimum untuk mencegah pemasakan, proses ini digunakan dalam pretzel dan produksi pasta sementara pada ekstruder sekrup geser tinggi, energi mekanik diubah menjadi panas. dan digunakan untuk memasak adonan yang diinginkan, jenis ekstruder ini digunakan untuk produksi makanan hewan, makanan ringan kembung dan sereal sarapan [5].

Proses Ekstrusi adalah proses untuk membuat benda dengan penampang tetap. Mesin yang digunakan untuk proses ini disebut dengan extruder. Keuntungan dari proses ekstrusi adalah bisa membuat benda dengan penampang yang rumit, bisa memproses bahan yang rapuh karena pada proses ekstrusi hanya bekerja tegangan tekan, sedangkan tegangan tarik tidak ada sama sekali [6].

## 2.2. Sejarah Extrusi

Teknologi ekstrusi merupakan teknologi yang cukup tua. Pada tahun 1797 di Inggris, Joseph Bramah menciptakan mesin untuk membuat pipa tanpa sambungan yang diperkirakan sebagai mesin ekstrusi pertama. Tidak lama kemudian produk-produk lain seperti sabun, macaroni, dan bahan-bahan bangunan diproses menggunakan mesin yang sama. Pada mesin ini untuk menggiling dan mencampur bahan digunakan piston yang dioperasikan oleh tangan. Karena keterbatasan proses yang dilakukan ekstruder terdahulu maka ekstruder yang menggunakan ulir (screw) diciptakan untuk kebutuhan industri

kabel. Konsep awal yang diketahui mengenai ekstruder ulir tunggal ditemukan di tahun 1873 pada suatu gambar rancangan milik Phoenix Gummiwerke A.G.

Untuk mengeluarkan berarti mesin untuk mendorong atau memaksa keluar bahan melalui pembukaan untuk mendapatkan produk sebagai ekstrudat [7]. Ekstruder adalah semua tentang pencampuran bahan. Insinyur Charles Hancock dan rekan kerjanya menerapkan prinsip dasar ekstrusi. Pada tahun 1870-an mesin sekrup pertama dikembangkan dan pada tahun 1890-an diproduksi secara komersial di Amerika Serikat. Di Eropa Francis Shaw dan Paul troester mengembangkan sistem ekstrusi secara komersial pada tahun 1900 [7].

Teknologi Ekstrusi diperkenalkan pada akhir 1870, ini telah merevolusi sistem ekstruder dengan pengaturan suhu yang akurat dalam ekstrusi. Karena deformasi plastik teknologi ini telah berkurang secara efektif. Produksi polimer termoplastik yang berbeda juga meningkat berdampingan. Mesin extruder hanya mampu memproses polimer spesifik tertentu. Itulah mengapa pentingnya perancangan dan pembuatan mesin extruder dapat menggabungkan dan memproses berbagai jenis polimer. Dari tahun 1960 dan seterusnya, perkembangan konstan yang dibuat dalam manufaktur mesin ekstruder telah berhasil dalam hal ini. Desain dasar mesin extruder tidak berubah setelah itu. Pada prinsipnya, setiap mesin extruder mengikuti prosedur mekanik tertentu selama produksi [7].

Permintaan produk plastik meningkat dengan perkembangan extruder akhirnya, generasi selanjutnya dari extruder dimulai ketika difokuskan pada pembuatan die. Perkembangan luar biasa itu membuat kami dapat mencari banyak penyesuaian untuk kebutuhan lebih lanjut. Kompresi dan tekanan dipelajari bersama. Saat ini, extruder telah berkembang dalam banyak hal, perhatian para

insinyur modern mengubah bentuk klasiknya menjadi bentuk modern. Waktu penerbangan sekrup ekstruder meningkat prinsip co-rotating dan counter rotating. Setiap desain dicatat untuk setiap penggunaan. Tekanan yang dihasilkan dianalisis untuk mengembangkan lebih banyak kemajuan dalam ekstruder [7].

Baru-baru ini, sistem ekstruder sepenuhnya otomatis dan ada pengembangan besar dalam sistem ekstrusi. Sistem ekstrusi ini memiliki permintaan yang tinggi dari pipa ke objek yang dicetak dalam printer 3D dengan menggunakan ekstrusi yang sama dengan perpaduan teknologi terbaru. Perkembangan ini dalam teknologi ini memiliki dua cabang, cabang pertama memiliki efisiensi tinggi dan yang lainnya memiliki pengembangan produk jadi. Ini mengintegrasikan teknologi permukaan dan penggunaan Nano-teknologi. Mulai dari berbagai teknologi ekstrusi terhadap latar belakang sejarah, kemajuan baru masih berjalan untuk menghasilkan biopolimer yang berkelanjutan / ramah lingkungan seperti PLA atau Nano-komposit [7].

Sementara ekstruder ulir ganda yang pertama dikembangkan pada tahun 1869 oleh Follows dan Bates di Inggris untuk keperluan industri sosis. Sejak saat itu penggunaan ekstruder bagi pengolahan semakin meningkat [7]. Ekstruder memiliki banyak jenis ukuran, bentuk dan metode pengoperasian. Ada ekstruder yang dioperasikan secara hidraulik dimana pada ekstruder ini piston berperan untuk mendorong adonan melalui lubang pencetak (*die*) yang terletak pada ujung ekstruder. Terdapat pula ekstruder tipe roda, dimana bahan didorong keluar atas hasil kerja dua roda yang saling berputar. Kemudian yang telah banyak dikenal saat ini ialah ekstruder tipe ulir (*screw*) dimana putaran ulir akan memompa bahan keluar melalui die. Ekstruder digunakan pada pengolahan bahan makanan karena

ekstruder mampu menghasilkan energi mekanis yang digunakan untuk proses pemasakan bahan. Ekstruder mendorong bahan/adonan dengan cara memompanya melalui sebuah lubang dengan bentuk tertentu. Ekstruder mampu melakukan proses pencampuran dengan baik yang bertujuan agar bahan homogen dan terdispersi dengan baik [8]. Mesin ekstrusi atau biasa disebut ekstruder merupakan alat yang cukup sederhana namun memiliki keunikan tersendiri. Prinsip dasar kerja alat ini ialah memasukkan bahan-bahan mentah yang akan diolah kemudian didorong keluar melalui suatu lubang cetakan (*die*) dalam bentuk yang diinginkan.

Prinsip ekstrusi dalam pengolahan makanan yang menggabungkan proses pendorongan bahan, pencampuran dan pembentukan bukanlah hal yang baru.

Prinsip ekstrusi telah diterapkan dalam industri makanan sejak tahun 1930an untuk pembuatan pasta. Pada tahun-tahun berikutnya diterapkan pada industri kembang gula, industri roti dan kue, terutama pada proses frosting kue. Pada tahun 1950, kemudian digunakan juga untuk produksi sereal, campuran minyak biji-bijian untuk industri pakan. Proses-proses pengolahan tersebut merupakan teknologi ekstrusi pada generasi pertama. Pada tahun 1960an teknologi ini digunakan untuk mengubah ikatan silang dan mengikat biopolimer untuk membuat protein nabati bertekstur. Terobosan ini menyediakan pengetahuan dasar bagi ekstrusi HTST (High Temperature Short Time) modern yang memungkinkan diciptakannya produk-produk baru pada industri makanan. Prinsip penerapannya pada industri makanan umumnya berdasarkan pada gelatinisasi pati, pembentukan kompleks lemak-pati, denaturasi dan teksturisasi protein, pengikatan, reaksi kimia dan biokimia, pengaruh tekanan/penggilingan dan pengembangan [7]. Dewasa ini ekstrusi telah berkembang penerapannya untuk beragam produk yang perlu

dimasak/dimatangkan. Salah satu kunci dalam beranekaragamnya hasil produk ekstrusi terletak pada bagian die-nya, dimana dari sinilah bahan akan didorong keluar. Fungsi die dalam pembuatan produksi pasta telah meningkatkan keragaman penggunaannya dalam menghasilkan produk dengan berbagai macam bentuk, kandungan air dan konsistensi [8].

Formulasi bahan yang digunakan dapat menjadikan produk akhir berbeda hasilnya. Beragam jenis biji-bijian dan umbi-umbian seperti jagung dan kentang, dapat digunakan sebagai bahan baku pada proses ekstrusi. Bahan-bahan tersebut dapat menghasilkan produk akhir yang ringan dan renyah. Dengan tersedianya beraneka ragam bahan, maka lahirlah produk ekstrusi generasi kedua yang memiliki kemampuan untuk mengembang dengan beragam bentuk. Produk generasi ketiga dari proses ekstrusi dihasilkan dari campuran berbagai macam formulasi bahan, yang pada umumnya berbahan dasar pati. Untuk mendapatkan kandungan air yang dikehendaki, maka produk dilewatkan pada suatu alat pengering. Setelah itu tersedia teknologi untuk melakukan proses ko-ekstrusi (co-extrusion). Proses ini memungkinkan pembentukan produk yang memiliki selubung luar dari suatu bahan dan mengisinya dengan bahan lain yang dilakukan hanya dalam satu proses saja. Sebagai hasilnya dapat diperoleh makanan ringan dengan lapisan luar yang renyah dan lapisan dalam yang lembut. Teknik ekstrusi dengan menggunakan ulir (screw) merupakan teknik yang paling sering digunakan secara luas. Tujuannya ialah untuk merubah polimer bahan mentah dalam bentuk tepung atau pelet melalui serangkaian kombinasi proses seperti pencampuran, penggilingan, pembentukan dan proses pencetakan menjadi bahan jadi atau bahan setengah jadi. Bentuk dan tekstur produk yang dihasilkan hanya dapat diperoleh melalui proses ekstrusi.

Bentuk, ukuran, jenis dan jumlah bahan mentah yang ditambahkan ke dalam ekstruder tergantung dari spesifikasi mesin ekstruder yang digunakan [8]. Dewasa ini telah tersedia banyak jenis ekstruder yang mampu mengolah bahan mentah dengan bentuk yang masih kasar, berukuran cukup besar (flake, irisan, potongan, cincangan, dll.) dan mengandung kadar air yang tinggi dalam jumlah yang besar.

### 2.3. Proses Extrusi.

Pembagian tahap-tahap pengolahan ekstrusi dapat dilihat dari berbagai segi. Beberapa pengolah membagi proses pengolahan ekstrusi menjadi tiga tahap yaitu pra ekstrusi, ekstrusi dan tahap setelah ekstrusi (*post-extrusion*).

#### 2.3.1. Tahap pra ekstrusi.

Pencampuran (*Blending*) yaitu proses pencampuran komponen bahan yang akan diekstrusi sesuai dengan formulasi yang telah ditentukan merupakan salah satu syarat penting, selain harus memperhatikan ukuran bahan yang akan dicampur, cara mencampur komponen yang benar juga penting untuk diketahui.

Penambahan air (*Moisturizing*) yaitu proses penambahan air sampai pada standar kelembapan yang ditentukan. Cara penambahan kandungan air ini harus dapat menjamin penyebaran kelembapan yang merata pada campuran adonan bahan mentah. Ketidakteraturan penyebaran air pada bahan akan mengakibatkan kondisi ekstrusi yang sukar diprediksi, akibatnya produk ekstrusi yang dihasilkan juga menjadi tidak konsisten.

#### 2.3.2. Tahap ekstrusi.

Tahap ekstrusi adalah pencetakan bahan baku dengan mesin yang digunakan ialah berbagai jenis ekstruder dan beragam aksesorisnya sesuai kebutuhan pengolah. Produk yang keluar dari tahap ini disebut ekstrudat dan tergantung dari

kebutuhan kita atau jenis ekstruder yang digunakan, ekstrudat ini dapat merupakan produk akhir ekstruksi ataupun juga produk yang harus diolah lagi lebih lanjut.

### 2.3.3. Tahap post ekstrusi.

Tahap pos extrusi adalah tahap setelah proses pencetakan pelet dilakukan. Mesin yang tersedia untuk proses ini adalah mesin pengering, atau bisa flavouring, pemanggangan, pelapis dan pendingin yang semuanya disesuaikan dengan kebutuhan pengolah.

## 2.4. Jenis-Jenis Ekstrusi.

### 2.4.1. Pemasakan ekstrusi.

Alat pemasak ekstruder umumnya terdiri atas tiga bagian yaitu bagian pengisian, kompresi dan pencetakan. Bahan dipanaskan di dalam ekstrusi suhu tinggi dengan *barrel* diberi jaket uap air (*steam-jacket*) atau ulir yang dipanaskan. Pada beberapa jenis elemen pemanas, induksi listrik digunakan untuk memanaskan *barrel* secara langsung. Panas juga diproduksi dari gesekan akibat gerakan ulir dan bagian dalam *barrel*. Akibat pergerakan ulir dan lubang die yang kecil, terjadi tekanan tinggi dalam ekstruder. Tekanan tinggi dan ukuran *die* yang kecil digunakan untuk membentuk produk yang mengembang. Uap air yang terkandung dalam bahan hilang melalui evaporasi. Kadar air pada beberapa produk (makanan ringan, roti renyah, dan produk sereal) selanjutnya diturunkan dengan pengeringan. Ekstrusi suhu tinggi dilakukan dengan proses HTST (*high temperature short time*) untuk meminimumkan kehilangan nutrisi bahan makanan dan menurunkan kontaminasi mikroba. Daya simpan produk yang tinggi diperoleh dengan mengatur aktivitas air rendah (0,1-0,4). Suhu pemasakan dapat mencapai 180°C-190°C selama ekstrusi, tetapi waktunya hanya 20-40 detik [9].

Ekstruder kering adalah jenis ekstruder yang tidak memerlukan sumber pemanasan dari luar atau uap air untuk injeksi, dan semua produk mengalami pemanasan dengan gesekan mekanik. Ekstruder kering dapat mengolah bahan yang mempunyai kadar air 10-40% bergantung pada formula campuran. Jika bahan mempunyai kadar air awal yang cukup rendah maka pengeringan produk setelah pemasakan ekstrusi tidak diperlukan lagi. Kehilangan air pada proses ekstrusi kering dalam bentuk uap air pada *die*, dan besarnya bergantung pada kadar air bahan di awal dan suhu produk saat keluar. Umumnya bahan yang mengandung pati memerlukan air untuk gelatinisasi [9].

#### 2.4.2. Ekstrusi dingin.

Pada jenis ekstrusi ini produk diekstrusi tanpa pemasakan bahan yang menyebabkan pengembangan. Ekstruder mempunyai ulir yang dioperasikan pada kecepatan rendah di dalam barrel yang rata sehingga gesekan bahan rendah. Ekstrusi ini digunakan untuk memproduksi pasta, hot dog, dan jenis-jenis permen tertentu [9].

#### 2.5. Extruder.

Ekstrusi dapat didefinisikan sebagai suatu proses untuk membuat produk (*ekstrudat*) oleh memaksa material melalui orifice atau die untuk membentuk bentuk, atau alternatifnya, produksi produk jadi, atau setengah jadi, dengan menggunakan ekstruder.

Ada beberapa jenis Mesin Extruder dalam klasifikasinya diantaranya :

##### 2.5.1. Ekstruder ulir tunggal.

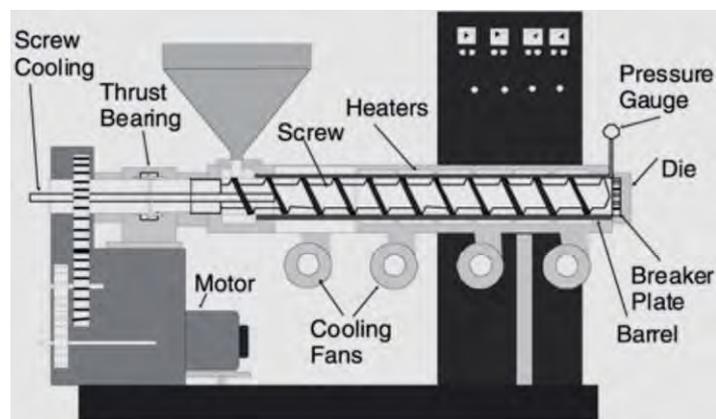
Jenis ekstruder ini diklasifikasikan berdasarkan intensitas pengadukan selama proses ekstrusi menjadi pengadukan tinggi (untuk produk sereal sarapan dan

makanan ringan), pengadukan medium (untuk roti dan pakan semibasah), pengadukan rendah (untuk pasta dan produk daging) [9].

Pada ekstruder ulir tunggal, gaya untuk menggerakkan bahan berasal dari pengaruh dua gesekan, yang pertama adalah gesekan yang diperoleh dari ulir dan bahan sedangkan yang kedua adalah gesekan antara dinding *barrel* ekstruder dan bahan. Ekstruder ulir tunggal membutuhkan konfigurasi dinding *barrel* ekstruder tertentu untuk menghasilkan kemampuan menggerakkan bahan yang baik, maka dari itulah dinding selubung ekstruder pada ekstruder ulir tunggal memainkan peran penting dalam menentukan rancangan ekstruder [9]. Jika bahan yang diolah menempel pada permukaan ulir dan tergelincir dari permukaan *barrel* maka tidak akan ada produk yang mengalir dalam ekstruder karena bahan ikut berputar bersama ulir tanpa terdorong ke depan.

Ekstruder ulir tunggal dapat dibagi menjadi empat kategori berdasarkan kebutuhan mekanikal energi dari gesekan yang terjadi, yaitu:

1. Low-shear forming,
2. Low-shear cooking,
3. Medium-shear cooking,
4. High-shear cooking extruder [10].



Gambar 2.1. Mesin extruder ulir tunggal.

### 2.5.2. Ekstruder ulir ganda.

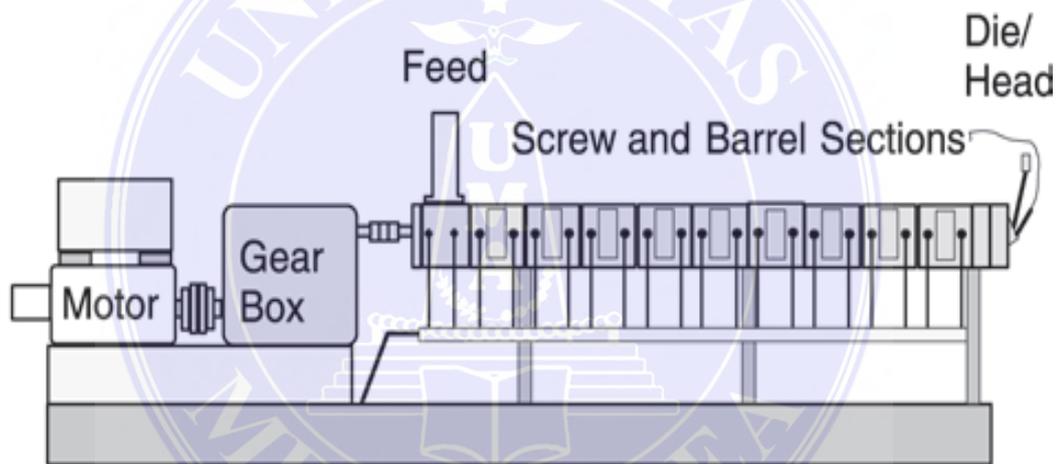
Ekstruder ulir ganda mempunyai keuntungan yaitu, kecepatan pemasukan bahan dan fluktuasi pada kecepatan produksi diatur dengan gerakan ulir berpindah secara positif, mesin ulir ganda dapat menangani bahan yang mengandung minyak, lengket, atau sangat berair, atau produk yang lengket pada ulir tunggal, pengaturan tekanan dalam *barrel* dapat dilakukan dengan mudah, campuran ukuran partikel dari tepung halus sampai butiran dapat digunakan, sementara pada ulir tunggal terbatas pada kisaran ukuran partikel butiran [10].

Pada ekstruder ulir ganda, dua ulir yang paralel ditempatkan dalam *barrel* berbentuk angka 8. Jarak ulir yang diatur rapat akan mengakibatkan bahan bergerak di antara ulir dan *barrel* dalam ruang yang berbentuk C. Sebagai hasilnya bahan akan terhindar dari aliran balik (negatif) ke arah bahan masuk, tetapi digerakkan pada arah positif yaitu menuju *die* tempat bahan keluar. Pada ekstruder tipe ini, gesekan pada dinding *barrel* tidak terlalu penting untuk diperhatikan walaupun sebenarnya hal ini tergantung dari proses pengolahan apa yang dilakukan [9]. Namun demikian, bentuk geometris ulir sangatlah penting untuk diperhatikan karena bentuk ulir ini dapat menyebabkan peningkatan tekanan pada ruang ekstruder yang akan menyebabkan aliran bahan dari satu ruang ke ruang yang lain, baik ke arah negatif maupun ke positif [10].

Secara umum, ulir pada ekstruder ulir ganda dapat dibagi menjadi dua kategori utama yaitu ulir *intermeshing* dan *non-intermeshing*. Pada ulir ekstruder tipe *non-intermeshing*, jarak antara poros ulir setidaknya sama dengan diameter luar ulir. Sedangkan pada ulir tipe *intermeshing*, jarak antar poros ulir lebih kecil daripada diameter luar ulir, atau permukaan ulir dalam keadaan

saling bersentuhan. Pada ulir tipe ini bahan yang tergelincir dari dinding *barrel* mungkin, tetapi tidak akan menempel pada ulir karena ulir *intermeshing* yang satu akan mencegah bahan pada ulir lain untuk berputar dengan bebas atau slip di ulir [10].

Selain dua kategori utama tersebut, terdapat juga beberapa jenis konfigurasi ulir pada ekstruder ulir ganda berdasarkan arah putarannya. Yang pertama ialah *intermeshing/non-intermeshing counter rotating*, dimana pada tipe ini arah putaran ulir saling berlawanan. Kedua ialah tipe *intermeshing/nonintermeshing co-rotating*, dimana arah putaran ulir sama.



Gambar 2.2. Mesin ekstruder ulir ganda.

## 2.6. Ulir Ekstruder.

Ulir terdiri dari bagian sayap yang melingkar sepanjang laras dengan pola heliks. Konfigurasi pada bagian ini mencakup sudut yang dibentuk terhadap poros/laras, ketinggian sayap terhadap laras, banyaknya sayap setiap satuan panjang tertentu dari laras/kerapatan ulir, perubahan diameter poros/laras dari *feeder* hingga *die*. Ketika berputar, semua faktor tersebut akan mempengaruhi mobilitas transportasi bahan dari *feeder* ke *die*, gesekan yang terjadi antara bahan dengan permukaan ulir, dan besarnya tekanan di dalam *barrel*.

Pada ekstruder berulir tunggal, desain gerak maju ulir/kerapatan ulir dan ketinggian sayap dapat berubah sepanjang masuk hingga keluarnya bahan. Pada umumnya, keduanya mengalami penurunan dari ujung masuk hingga ujung keluarnya bahan.

Mesin Ekstrusi (Ekstruder), Ekstruder yang biasanya tersedia di pasaran adalah dari jenis ekstruder ulir tunggal (single screw extruder/SSE) dan ekstruder ulir ganda (twin screw extruder/TSE) yang dapat digunakan secara luas pada produksi bahan-bahan makanan komersial. Model twin screw extruder (TSE) lebih sering dipilih oleh perusahaan-perusahaan pengolah makanan. Model ini merupakan pilihan yang tepat untuk melakukan diversifikasi jenis-jenis makanan, dikarenakan kemampuannya yang baik dalam mengatur daya tekan mekanis dan daya giling efektif pada adonan di dalam selubung mesin ekstruder (barrel) [11].

Ekstruder tipe ulir biasanya dikelompokkan berdasarkan seberapa banyak energi mekanis yang dapat dihasilkan. Sebagai contoh, ekstruder dengan energi mekanis yang rendah dirancang untuk mencegah proses pemasakan pada adonan bahan. Ekstruder tipe ini biasanya digunakan pada pembuatan pretzel, pasta dan beberapa jenis makanan ringan dan sereal. Ekstruder dengan energi mekanis tinggi dirancang untuk memberikan energi yang besar agar dapat diubah menjadi panas untuk mematangkan adonan bahan dan biasa digunakan dalam produksi makanan hewan, makanan ringan dengan bentuk mengembang dan sereal [11].

Dalam hal mekanisme penggerakkan bahan dalam ekstruder, terdapat perbedaan yang nyata antara ekstruder ulir tunggal dan ganda. Pada ekstruder ulir tunggal daya untuk menggerakkan bahan berasal dari pengaruh dua gesekan, yang pertama adalah gesekan yang diperoleh dari ulir dan bahan sedangkan yang kedua

adalah gesekan antara dinding barrel ekstruder dan bahan. Ekstruder ulir tunggal membutuhkan dinding barrel ekstruder untuk menghasilkan kemampuan menggerakkan yang baik, maka dari itulah dinding selubung ekstruder pada ekstruder ulir tunggal memainkan peran penting dalam menentukan rancangan ekstruder [11].

SSE memiliki ulir yang berputar di dalam sebuah barrel. Jika bahan yang diolah menempel pada ulir dan tergelincir dari permukaan barrel, maka tidak akan ada produk yang dihasilkan dari ekstruder karena bahan ikut berputar bersama ulir tanpa terdorong ke depan. Untuk menghasilkan output produksi yang maksimal maka bahan harus dapat bergerak dengan bebas pada permukaan ulir dan menempel sebanyak mungkin pada dinding.

Pada umumnya zona operasi pada SSE terbagi menjadi tiga bagian yaitu:

1. Solid transport zone yang terletak di bawah hopper/feeder.

Pada zona ini bahan digerakkan dalam bentuk bubuk atau granula. Berhubung output produk yang dihasilkan harus sama dengan input bahan yang dimasukkan maka perencanaan yang buruk pada zona ini akan membatasi output yang dihasilkan.

2. Melting zone; pada zone ini bahan padat akan dipanaskan.
3. Pump zone.

Pada bagian pertama zona ini tinggi saluran berkurang disebabkan oleh peningkatan diameter dari ulir. Pada zona ini bahan mengalami tekanan untuk mengurangi jumlah ruang-ruang kosong pada bahan. Pada bagian kedua zona ini yang disebut juga sebagai metering zone, bahan digerakkan dan dihomogenisasi lebih lanjut. Pada beberapa ekstruder peningkatan tekanan terjadi di zona ini.

Pada Pump zone dimana saluran ulir dipenuhi oleh adonan bahan terdapat tiga jenis aliran yang dapat dibedakan:

- a. Drag flow disebabkan oleh pengaruh bersinggungannya bahan dengan barrel dan permukaan ulir.
- b. Pressure flow yang disebabkan oleh tekanan yang meningkat pada ujung ekstruder (die). Arah dari aliran ini berlawanan dengan arah drag flow.
- c. Leakage flow adalah aliran melalui celah antara barrel dan gerigi ulir [11].

SSE. mengandalkan pada drag flow untuk menggerakkan bahan dalam barrel dan menghasilkan tekanan pada die. Agar bahan terdorong maju maka bahan tidak boleh ikut berputar dengan ulir. Sama saja seperti cara kerja sebuah sekrup dan mur, agar sekrup bergerak maju maka mur harus dalam keadaan diam bukannya ikut bergerak dengan sekrup [11]. Hingga saat ini ekstruder ulir tunggal masih digunakan secara luas pada banyak jenis produksi pangan dan pakan. Alasan kenapa hingga sekarang orang-orang masih menggunakan ekstruder ulir tunggal ialah karena pada kala itu alat ini merupakan satu-satunya alternatif untuk menggantikan metode pengolahan konvensional. Secara keseluruhan memang proses ekstruder tipe ini jauh lebih unggul dibanding metode pengolahan konvensional tetapi sekarang TSE yang jauh lebih maju dari segi teknologi mampu menawarkan banyak keuntungan bagi para pengolah. Bersamaan dengan semakin banyaknya perusahaan-perusahaan yang menyadari keuntungan-keuntungan yang ditawarkan maka mereka akan lebih cenderung untuk menggunakan TSE [11].

Pada ekstruder ulir ganda, dua ulir yang paralel ditempatkan dalam barrel berbentuk angka 8. Jarak ulir yang diatur dengan rapat akan mengakibatkan bahan bergerak di antara ulir dan barrel dalam sebuah ruang yang berbentuk C. Tujuannya

ialah untuk mengatasi keterbatasan pada hasil kerja SSE seperti tergelincirnya bahan dari dinding barrel. Sebagai hasilnya bahan akan terhindar dari aliran balik (negarif) ke arah bahan masuk tetapi digerakkan pada arah positif yaitu menuju die tempat bahan keluar. Pada ekstruder tipe ini gesekan pada dinding barrel tidak terlalu penting untuk diperhatikan walaupun sebenarnya hal ini tergantung dari proses pengolahan apa yang dilakukan. Tetapi bentuk geometris ulir sangatlah penting untuk diperhatikan karena bentuk ulir ini dapat menyebabkan peningkatan tekanan pada ruang ekstruder yang akan menyebabkan aliran bahan dari satu ruang ke ruang yang lain baik ke arah negatif maupun positif [11].

Secara umum, ulir pada ekstruder ulir ganda dapat dibagi menjadi dua kategori utama yaitu ulir intermeshing dan non-intermeshing. Pada ulir ekstruder tipe non-intermeshing, jarak antara poros ulir setidaknya sama dengan diameter luar ulir. Sedangkan pada ulir tipe intermeshing, jarak antar poros ulir lebih kecil daripada diameter luar ulir, atau permukaan ulir dimungkinkan dalam keadaan saling bersentuhan. Pada ulir tipe ini bahan yang tergelincir dari dinding barrel menjadi tidak mungkin karena ulir intermeshing yang satu akan mencegah bahan pada ulir lain untuk berputar dengan bebas [11]. Selain dua kategori utama tersebut, terdapat juga beberapa jenis konfigurasi ulir pada ekstruder ulir ganda berdasarkan arah putarannya. Yang pertama ialah intermeshing/non-intermeshing counter rotating, dimana pada tipe ini arah putaran ulir saling berlawanan. Kedua ialah tipe intermeshing/non-intermeshing co-rotating, dimana arah putaran ulir sama. Selain itu ada juga konfigurasi ulir self wiping dimana bentuk kedua ulirnya berbeda dengan ulir tipe intermeshing. Semua perbedaan jenis ulir dan arah putarannya tersebut akan menghasilkan karakteristik aliran, mekanisme gerak bahan dan

pencampuran dengan pengaruh yang berbeda-beda pada bahan karena tipe-tipe ulir tersebut memiliki kelebihan dan kekurangannya masing-masing.

## 2.7. Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Ekstrusi.

Ada beberapa faktor yang mempengaruhi pada proses ekstrusi suatu material. Beberapa faktor tersebut antara lain:

### 1. Jenis ekstrusi.

Jenis ekstrusi haruslah disesuaikan dengan jenis material yang akan digunakan. karena sifat dari beberapa material berbeda beda, maka perlu dilakukan pemilihan jenis ekstrusi yang cocok untuk material tersebut.

### 2. Suhu kerja.

Setiap jenis ekstrusi mempunyai suhu kerja sendiri sendiri tergantung jenis material yang akan diekstrusi. Pada prinsipnya pemberian suhu kerja dimaksudkan untuk mempermudah dalam proses ekstrusi.

### 3. Reduksi penampang.

Penampang yang dipakai untuk setiap ekstrusi sangat tergantung pada kualitas bahan dan keadaan permukaannya. Untuk membentuk suatu model yang diinginkan, perlu diperhatikan dalam hal pembuatan penampang dan clearance yang sesuai dengan penumbuk.

### 4. Gesekan.

Gesekan dapat terjadi pada semua komponen yang bersinggungan tidak terkecuali pada proses ekstrusi.

## 2.8. Keunggulan Proses Ekstrusi.

Ekstrusi merupakan suatu proses yang mengkombinasikan beberapa proses meliputi pencampuran, pemasakan, pengadonan, penghancuran, pencetakan, dan

pembentukan. Yang bertujuan untuk meningkatkan keragaman jenis produk dalam berbagai bentuk, tekstur, warna dan rasa.

Ekstruder terdiri dari suatu ulir (sejenis ulir bertekanan) yang menekan bahan baku sehingga berubah menjadi bahan semi padat. Bahan tersebut ditekan keluar melalui suatu lubang terbatas (cetakan/die) pada ujung ulir. Jika bahan baku tersebut mengalami pemanasan, maka proses ini disebut pemasakan ekstrusi (ekstrusi panas). Dan ciri utama proses ekstrusi adalah sifatnya yang kontinyu. Alat ekstruder dioperasikan dalam kondisi kesetimbangan dinamis, yaitu input setara dengan output, bahan yg masuk setara dengan produk.

Ada beberapa keunggulan yang diperoleh dalam menggunakan teknologi ekstrusi diantaranya:

1. Keberagaman produk dalam kisaran luas yang kebanyakan tidak dengan mudah dihasilkan oleh metode pengolahan lain, dapat dihasilkan dengan mengubah bahan baku, kondisi pengoperasian, dan cetakan.
2. Menghasilkan produk berkualitas tinggi, karena pemasakan ekstrusi melibatkan suhu tinggi dalam waktu pendek sehingga komponen bahan pangan yang peka tidak mengalami kerusakan.
3. Bagian pati dari bahan yang diolah tergelatinisasi penuh yang menyebabkan produk makanan menjadi mudah untuk dicerna.
4. Menjamin penyebaran yang merata bahan-bahan seperti protein, vitamin, mineral dan bahan tambahan lainnya bersama karbohidrat di seluruh campuran bahan.
5. Mengurangi jumlah kehilangan kandungan gizi bahan dan meminimalkan kerusakan pada kualitas protein.

6. Tekstur dan bentuk bahan mentah yang tadinya keras, tidak berbentuk, berpasir, tidak menarik, dsb. berubah menjadi produk akhir dengan tekstur dan bentuk sesuai dengan yang kita inginkan.
7. Bahan baku utama yang tersedia dengan luas.
8. Produk ekstrusi yang dikemas dengan benar mempunyai daya simpan yang baik tanpa harus disimpan pada suhu rendah.
9. Proses ekstrusi merupakan proses termodinamika yang efisien, energy yang dibutuhkan untuk menghasilkan per ton bahan lebih rendah dibandingkan dengan bahan yang sama dan diolah dengan proses pemasakan dalam bentuk lainnya.
10. Biaya operasionalnya rendah, membutuhkan lebih sedikit tenaga kerja dan memerlukan luas lahan yang kecil.
11. Jalur-jalur proses pada ekstruder mudah sekali untuk dibongkar-pasang, guna mempermudah keperluan pembersihan dan mobilitas alat.
12. Proses ekstrusi bebas polusi dan bahan mentah dimanfaatkan seluruhnya tanpa adanya limbah yang tidak diinginkan atau zat-zat yang berbahaya bagi lingkungan.

Pada awal penulisan skripsi, penulis terlebih dahulu mengidentifikasi masalah yang akan terjadi kemudian merumuskan masalah dan menentukan tujuan dari penelitian yang akan diteliti. Penelitian ini dimulai dengan kajian pustaka terhadap text book, jurnal, dan media elektronik tentang Mesin Extruder.

Pembuatan pakan ikan tipe terapung masih jarang dikerjakan oleh kelompok masyarakat pembudidaya. Berbagai masalah dilapangan yang dihadapi oleh para pembudidaya diantaranya faktor teknis berupa ketidaksesuaian mesin pencetak

dengan karakteristik bahan baku [12]. Padahal pakan tipe ini memiliki banyak keunggulan dibandingkan pakan ikan tipe tenggelam. Penelitian terhadap kondisi proses produksi pakan terapung sedikit sekali dikerjakan terlebih dengan menggunakan mesin ekstruder dengan bahan baku pakan lokal. Kondisi proses yang tepat akan menjadi acuan para pembudidaya dalam memproduksi pakan terapung.

Pembuatan pakan ikan terapung yang sudah pernah dilakukan diantaranya [12] membuat pakan ikan terapung menggunakan proses fermentasi. Hasilnya pakan memiliki kualitas fisik yang hampir sama dengan pakan terapung komersial. Namun penggunaan bahan tambahan yang banyak seperti urea,  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  dan  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  akan menyulitkan dalam proses produksi. Selain itu bahan baku yang digunakan ialah pakan tenggelam komersial yang tidak diketahui secara pasti komposisi dan proses pencetakannya. [12], Melakukan studi pembuatan pakan ikan terapung untuk lele yang memberikan efek lebih baik dibandingkan pakan tenggelam, namun dalam studi tersebut tidak menyebutkan kondisi proses produksi pakan yang telah dikerjakan. [12] Melakukan pembuatan material berpori untuk pakan terapung tetapi belum membahas secara rinci mesin atau alat yang digunakan serta kondisi prosesnya. Bahan baku yang digunakan hanya mengandung sumber protein yang sangat rendah, sehingga kemungkinan akan merubah kualitas fisik pakan jika nutrisi yang digunakan sesuai standar.

Ekstrusi ialah proses pengolahan bahan pangan maupun pakan dengan menggunakan suhu dan tekanan tinggi dalam waktu yang singkat. Proses ini mampu memperbaiki kualitas pakan sehingga bisa meningkatkan pertumbuhan ikan [12]. Dalam proses ekstrusi terjadi proses hidrolisis protein dan gelatinisasi

pati maupun bahan penyusun lainnya menjadi senyawa lebih sederhana sehingga mampu dikonsumsi oleh ikan dengan lebih mudah. Hal ini yang menyebabkan pakan hasil proses ekstrusi memiliki nilai pencernaan yang tinggi [12]. Pakan dari hasil proses ekstrusi memiliki sifat fisik yang lebih unggul dibandingkan tanpa proses ekstrusi. Sifat fisik tersebut meliputi stabil dalam air, densitas rendah, kompak dan tidak mudah rusak akibat proses berikutnya seperti transportasi dan pengemasan [12].

Berdasarkan hal itu maka mesin ekstruder menjadi komponen utama dalam keberhasilan pembuatan pakan berkualitas dengan proses ekstrusi. Penelitian pembuatan pakan ikan dengan ekstruder telah banyak dilakukan [12]. Tetapi penelitian tersebut masih menggunakan ekstruder dengan ulir tunggal. Penelitian Loka Riset Mekanisasi Pengolahan Hasil Perikanan [12] memberikan informasi bahwa penggunaan ekstruder ulir tunggal di beberapa kelompok pembudidaya menemui banyak kendala. Utamanya ulir yang sering macet karena bahan yang diproses tidak mengalir lancar menuju dies (lubang pengeluaran). Selain itu, pakan yang dihasilkan tidak bisa membentuk pori sebagai syarat pakan terapung. Senada dengan penelitian [12] yang menyebutkan bahwa kelemahan ekstruder ulir tunggal ialah tidak mampu digunakan untuk mengolah pakan dengan berbagai bahan yang mengandung serat tinggi.

Dalam proses ekstrusi banyak parameter seperti komposisi kimia bahan baku, kandungan air, kecepatan ulir, suhu barrel mempunyai pengaruh terhadap kualitas produk ekstrusi yaitu rasio pengembangan, tingkat kekerasan, durability, kelarutan, bentuk produk dan penampakan [12]. Agar diperoleh operasi proses yang optimal dan meningkatkan efisiensi produksi, penting dilakukan pengamatan terhadap

parameter tersebut terhadap kualitas pakan yang dihasilkan. Tujuan penelitian ini adalah untuk menginvestigasi pengaruh kondisi proses ekstrusi meliputi suhu selongsong (barrel), kecepatan putaran ulir dan kadar air bahan baku, terhadap kualitas pakan ikan terapung yang dihasilkan dari proses ekstruding.

## 2.9. Rumus Perhitungan.

Disamping melakukan penelitian lapangan mengenai temperatur yang ada pada barrel mesin extruder pelet apung, juga mengguankan beberapa teori dan langkah-langkah rumus untuk menyelesaikan diantaranya:

### 1. Daya heater ( $Q$ ).

$$Q = \frac{m \times c \times \Delta t}{860 \times t \times \eta} \quad (2.1)$$

dimana:

$Q$  = Daya heater (kWatt).

$m$  = Massa barrel (kg).

$c$  = Panas jenis material besi (kkal/kg oC).

$t$  = Waktu pemanasan (detik).

$\eta$  = 0,1- 0,5.

$\Delta t$  = Selisih panas.

### 2. Jumlah kalor pada barrel.

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta t \quad (2.2)$$

dimana:

$Q$  = Kalor barrel (J).

$m$  = Massa barrel (kg).

$c$  = Panas jenis besi (J/kg oC).

$\Delta t$  = Selisih panas.

3. Waktu yang dibutuhkan untuk menaikkan suhu pada barrel.

$$P = \frac{Q}{t} \quad (2.3)$$

dimana:

$P$  = Daya listrik ( $W$ ).

$Q$  = Kalor barrel ( $J$ ).

$t$  = Waktu kanaikan suhu (*detik*).

4. Perpindahan panas konduktivitas pada pipa

$$Q = k \cdot A \frac{(T_1 - T_0)}{(r_0 - r_1)} \quad (2.4)$$

$$A = \pi \cdot r_0^2 \cdot L - \pi \cdot r_1^2 \cdot L$$

dimana:

$Q$  = Perpindahan kalor ( $w$ ).

$k$  = Konduktifitas thermal besi = 73 w/m oC.

$A$  = Luas benda kerja ( $m^2$ ).

## BAB III

### METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1. Waktu dan Lokasi Penelitian.

##### 3.1.1. Waktu Penelitian.

Waktu penelitian dimulai dari persetujuan judul skripsi yang diberikan oleh ketua program studi teknik mesin, pengambilan data, pengolahan data, hingga penyusunan skripsi dinyatakan selesai.

##### 3.1.2. Lokasi Penelitian.

Lokasi pelaksanaan penelitian dilakukan di CV. Micro Enterprises General and Supplier, Jln. Pelita I No. 1A – Medan Perjuangan, Medan - Sumatera Utara – Indonesia.

Tabel 3.1. Kegiatan skripsi.

No	KEGIATAN	BULAN					
		7	8	9	10	11	12
1.	Persiapan : Pengajuan Skripsi						
2.	Proposal						
3.	Seminar Proposal						
4.	Persiapan : - Literatur - Bahan - Alat						
5.	Proses Analisis Data						
6.	Pengambilan data dan pengolahan dan analisis data						
7.	Hasil dan Simpulan						
8.	Penyusunan dan Pembuatan Laporan						
9.	Seminar Hasil						
10.	Perbaikan, Penyempurnaan Skripsi						
11.	Sidang Skripsi						

### 3.2. Persiapan Bahan dan Alat.

#### 3.2.1. Persiapan bahan.

Bahan penelitian yang akan digunakan adalah bahan makanan ternak diantaranya :

##### 1. Tepung ikan.

Tepung ikan adalah ikan atau bagian-bagian ikan yang minyaknya diambil atau tidak, dikeringkan kemudian digiling. Tepung ikan sebagai bahan baku pelet ikan mempunyai kualitas beragam, tergantung dari jenis ikan yang diolahnya. Tepung ikan secara umum memiliki kandungan protein 50 –60% dan kaya akan asam amino esensial terutama lisin dan metionin yang selalu kurang dalam bahan makanan ternak asal nabati.

##### 2. Dedak halus.

Dedak merupakan hasil samping dari pemisahan beras dengan sekam (kulit gabah) pada gabah yang telah dikeringkan melalui proses pemisahan dengan digiling atau ditumbuk yang dapat digunakan sebagai pakan ternak. Proses pemisahan menjadi dedak ini akan mendapatkan 10 % dedak padi, 50% beras, dan sisanya hasil ikutan, seperti pecahan butiran beras, sekam dan sebagainya, tetapi presentasi ini tergantung dari umur padi yang ditanam

##### 3. Tepung mocaf.

Mocaf adalah singkatan dari Modified Cassava Flour atau tepung singkong yang dimodifikasi, karena dalam proses pembuatannya dilakukan modifikasi yaitu dengan fermentasi mikroba atau enzimatik. Tepung ini teksturnya lembut, warnanya putih dan aromanya tidak lagi berbau khas singkong. Mocaf sangat baik digunakan sebagai bahan campuran atau substitusi pembuatan makanan

yang selama ini menggunakan tepung terigu. Bahkan di banyak olahan makanan bisa menggunakan 100% Mocaf.

#### 4. Air tawar.

Air tawar digunakan 10 % dari total berat bahan sebagai campuran untuk meratakan percampuran antar bahan pelet, sehingga pada saat produksi pelet menjadi salah satu factor dari keberhasilan produksi pelet apung.

Tabel 3.2. Komposisi bahan.

No	Nama Bahan	Jumlah
1.	Tepung ikan	1 kg
2.	Dedak halus	1 kg
3.	Tepung mocaf	1 kg
4.	Air tawar	10%

#### 3.2.2. Persiapan Alat.

Alat yang akan digunakan untuk penelitian adalah Mesin Extruder Pelet Apung berkapasitas 100 kg/jam, dengan Tabung Barrel Ø 65 mm dan Screw Press Ø 60 mm dengan Panjang Srew Press 500 mm.

Lokasi alat yang digunakan berada di CV. Micro Enterprises General and Supplier, yang beralamat di Jln. Pelita I No. 1A, Medan Perjuangan, Medan - Sumatera Utara. Berikut spesifikasi bagian alat yang digunakan:

- a. Unit mesin pencetak pelet yang digunakan untuk penelitian.



Gambar 3.1. Mesin pelet apung.

b. Mesin utama Jiang Dong 35 HP/2200 RPM.



Gambar 3.2. Mesin penggerak utama.

c. Gear Box Ratio 3:1, 2100 r/min.



Gambar 3.3. Gear box reduser dari mesin penggerak ke screw.

- d. Motor pengaduk dan pendorong bahan dari hopper ke barrel, 0,5 HP/0,37 kW, 1340 RPM.
- e. Motor pemotong 0,5 HP/0,37 kW, 2755 RPM.
- f. Ban Heater 100 Watt.
- g. Infrared Thermo Gun, 20 °C – 500 °C.



Gambar 3.4. Infrared Thermo Gun.

### 3.3. Jenis Penelitian.

Adapun jenis penelitian yang digunakan adalah:

a. Studi Pustaka;

Untuk mendapatkan gambaran teoritis yang berhubungan dengan tekanan dan panas yang ada pada tabung extrusi.

b. Studi Lapangan;

Untuk mengetahui secara aktual dan konkrit tentang suhu yang terjadi pada tabung extrusi.

c. Analisa;

Suatu proses penelitian yang dilakukan untuk menghasilkan gambaran atau kesimpulan akhir dari data lapangan yang diperoleh.

### 3.4. Pelaksanaan Penelitian.

Proses extrusi pelet apung dilakukan dengan menggunakan mesin/alat pencetak pelet. System kerja mesin pelet digerakkan oleh mesin diesel yang dihubungkan dengan gearbox. Dari gearbox disalurkan pada screw extruder yang berfungsi untuk mendorong, mengaduk bahan pelet, dan menekan bahan pelet ke plat cetakan (*die*). Bahan pelet yang sudah siap diproduksi dimasukkan ke dalam hopper, saat bahan pelet berada di dalam hopper mengalami proses pengadukan dan di dorong menggunakan screw konveyor menuju barrel dan dimulailah proses pemasakan bahan pelet. Pada bagian barrel dipasang ban heater yang berfungsi untuk menambah tinggi temperatur yang ada pada barrel, yang berguna untuk membantu pemasakan bahan pelet saat berada di dalam barrel sehingga tidak pecah saat melalui lobang die. Temperatur yang digunakan untuk produksi pelet adalah  $\pm 100$  °C.

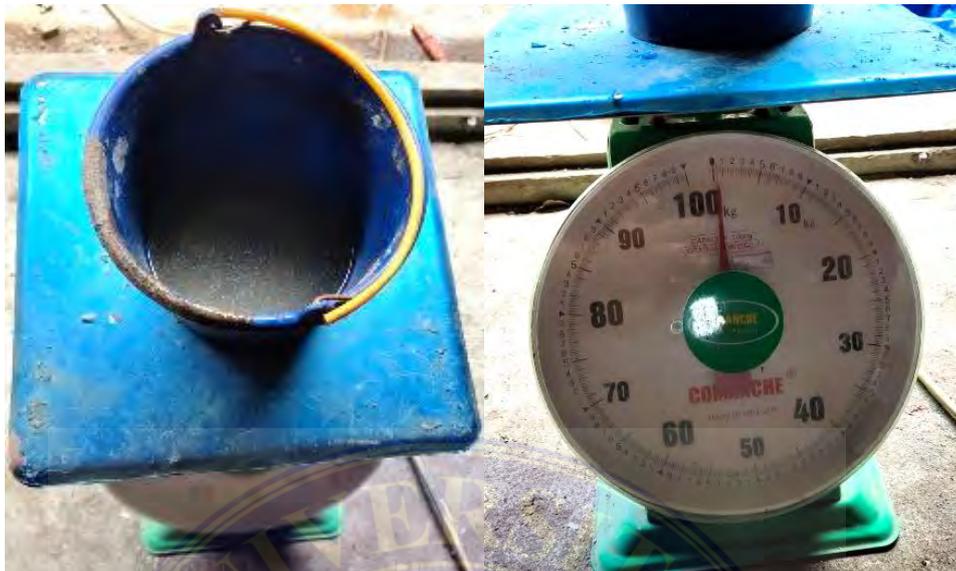
Pengujian dilakukan dengan bahan 2 kg. dengan 10% air tawar. Berikut ini proses pelaksanaan uji coba pembuatan pelet apung:

1. Menimbang tepung bahan pelet.



Gambar 3.5. Menimbang tepung bahan pelet

2. Menimbang air 10 % dari berat tepung bahan pelet.



Gambar 3.6. Menimbang air campuran bahan pelet.

3. Mencampur bahan tepung dan air.

Sebelum dimasukkan ke hopper, bahan tepung dan air dicampur terlebih dahulu di luar atau di ember tempat mencampur dengan dipastikan pencampuran antar bahan merata.



Gambar 3.7. Mencampur bahan pelet.

#### 4. Memasukkan bahan ke hopper.



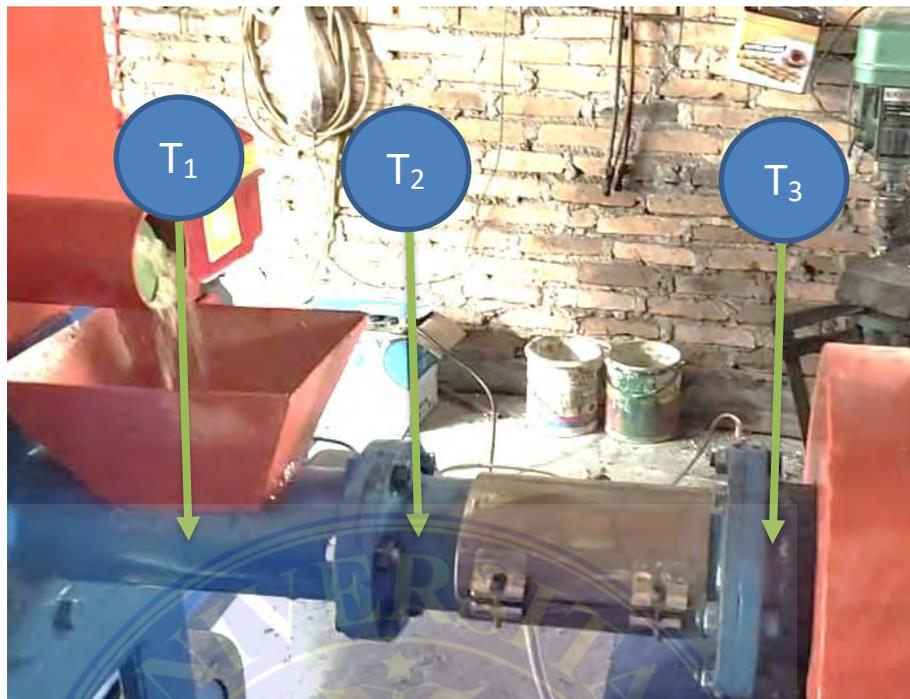
Gambar 3.8. Memasukkan bahan pelet ke mesin pembuat pelet.

#### 5. Pengambilan data temperatur.

Proses pelaksanaan pengambilan data temperatur diambil pada tiga titik posisi pada barrel, saat mesin sudah bekerja dan produksi pelet sedang berlangsung. Adapun pengukuran temperatur dilakukan dengan menggunakan Infrared Thermo Gun pada tiga titik, yaitu:

- a.  $T_1$  pada posisi barrel tempat bahan pellet masuk.
- b.  $T_2$  pada posisi bagian tengah barel.
- c.  $T_3$  pada posisi bagian ujung posisi die.

Gambar 3.9 di bawah ini adalah menunjukkan titik-titik posisi yang akan diukur suhu yang terjadi saat proses pencetakan pellet berlangsung.



Gambar 3.9. Ilustrasi titik posisi pengukuran temperatur.

6. Proses pengukuran temperatur pada barrel.



Gambar 3.10. Proses pengukuran temperatur.

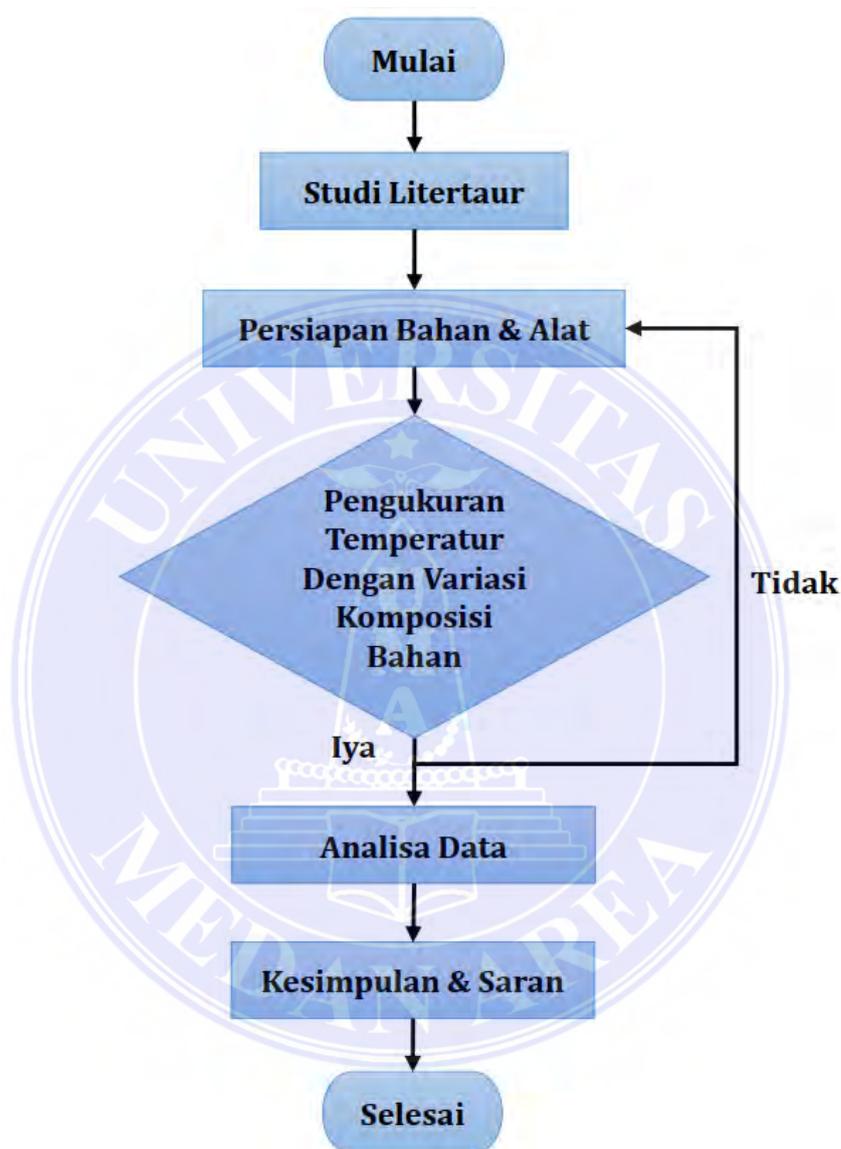
7. Proses pencetakan pelet.



Gambar 3.11. Proses pencetakan pelet.

### 3.5. Konsep Penelitian.

Dalam pelaksanaan penelitian, penulis membuat konsep pelaksanaan penelitian yang akan mengikuti Flow Chart yang sudah dibuat yaitu:



Gambar 3.12. Flow chart kegiatan penelitian.

### 3.6. Parameter Penelitian.

Penelitian dilakukan untuk mengetahui temperatur yang terjadi pada proses extruding pelet apung adalah dengan menggunakan pembatasan atau control heater yang dipasang pada barrel mesin extruder yang ada dan menganalisa sesuai referensi yang ada.

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### 5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian mengenai “Analisis Temperatur Pada Proses Extruding Pellet Apung” di PT. CV. Micro Enterprises General and Supplier, Jln. Pelita I No. 1A – Medan Perjuangan, Medan - Sumatera Utara – Indonesia yang dilakukan observasi dan pengamatan. Penulis menyimpulkan dalam pelaksanaan produksi pellet apung, ada beberapa hal yaitu:

1. Temperature yang ideal untuk produksi pelet apung adalah 95 – 100 °C.
2. Ukuran pelet yang dihasilkan adalah bulat dengan Ø 5mm.
3. Untuk menghasilkan pelet yang diinginkan, perlu penambahan air sebanyak 10% dari total berat bahan baku pelet.

#### 5.2. Saran.

Berdasarkan kesimpulan yang didapatkan dari analisis data, maka penulis mencoba memberikan rekomendasi sebagai berikut:

1. Untuk menghasilkan pelet apung yang diinginkan, agar dilakukan pemanasan terlebih dahulu pada barrel menggunakan ban heater.
2. Sebelum melaksanakan produksi pelet apung, dilakukan pemanasan pada barrel dengan temperatur 100 °C.
3. Sebelum digunakan, pelet diperlukan pengeringan terlebih dahulu sebelum diletakkan di air, supaya pelet bisa 100% mengapung di air.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Maradu Sibarani, dkk. 2018. JURNAL TEKNIK MESIN – ITI, Vol.2, No. 2, ISSN: 2548-3854. *Perancangan Unit Extruder Pada Mesin Extrusion Lamination Flexible Packaging*.
- [2]. Mian N. Riaz, dkk. 2009. *Stability of Vitamins during Extrusion*. A Food Protein R & D Center, Texas A&M University, College Station, TX b H. E. J. Research Institute of Chemistry, University of Karachi, Pakistan. Online Publication.
- [3]. Robin Guy, 2001. *Extrusion Cooking*, Teknologi and Aplication. Boca Raton Boston New York Washington, DC.
- [4]. Shivendra Singh, dkk. *Nutritional aspects of food extrusion*: School of Science & Engineering, Mount Helen Campus, University of Ballarat, Victoria 3353, Australia (Received 19 February 2006; Accepted in revised form 19 April 2006). International Journal of Food Science and Technology 2007, 42, 916–929.
- [5]. Tonyal, Bade. *Effect Of Extrusion On Functional Components In Tomato Pulp Added Extrudates And In Vitro Bioaccessibility Of Lycopene*. M.Sc., Department of Food Engineering Supervisor : Asst. Prof. Dr. Ilkay Şensoy Co-Supervisor: Prof. Dr. Zumrut Begum Ogel February, 2014.
- [6]. [https://id.wikipedia.org/wiki/Ekstrusi\\_\(manufaktur\)](https://id.wikipedia.org/wiki/Ekstrusi_(manufaktur)). Diunduh Nopember 2018.
- [7]. Bijaya Poudel 2015. *ARCADA, How to make Portable Homemade Filament Extruder Degree*. Thesis Plastic Technology.
- [8]. Andrew, *TEKNOLOGI EXTRUSI*. Diunduh di <http://andrewopunk.blogspot.com/2010/11/teknologi-ekstruksi.html>. tanggal 09 Nopember 2018.
- [9]. Ayu Dewiani Y. Putri, 2011. *Penetapan Kadar Air Dalam Makanan Ringan Ekstrudat Secara Gravimetri*. Tugas Akhir, Universitas Sumatera Utara.
- [10]. *F11wph\_BAB II*. Tinjauan Pustaka. Institut Pertanian Bandung.
- [11]. Bertha Jaenetha, dkk. 2013. *Tugas Terstruktur Dasar Teknologi Pengolahan Ekstrusi*. Kementerian Pendidikan Dan Kebudayaan Universitas Jenderal Soedirman Fakultas Pertanian Purwokerto.
- [12]. Arif Rahman Hakim, dkk. 2019. *Pengaruh Kondisi Ekstruder Ulir Ganda Terhadap Sifat Fisik Pakan Ikan Terapung*. Jurnal Perikanan Universitas Gadjah Mada.