

**EVALUASI PENGARUH *GEOMETRI SCREW DOUBLE SIWAR*
TERHADAP PROSES PENGUMPANAN BAHAN BAKU PADA
MESIN *EXTRUDER***

SKRIPSI

OLEH :

RIO PRANATA

208130022



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN
2026**

HALAMAN JUDUL

EVALUASI PENGARUH *GEOMETRI SCREW DOUBLE SIWAR* TERHADAP PROSES PENGUMPANAN BAHAN BAKU PADA MESIN *EXTRUDER*

SKRIPSI

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh
Gelar Sarjana Di Fakultas Teknik
Universitas Medan Area

Oleh :

RIO PRANATA

208130022

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MEDAN AREA

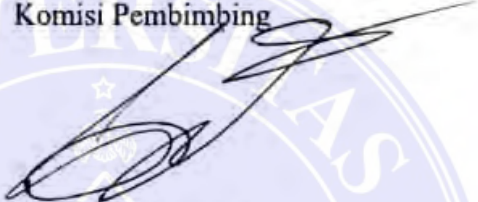
MEDAN

2026

HALAMAN PENGESAHAN

Judul Skripsi : Evaluasi Pengaruh *Geometri Screw Double Siwar* Terhadap
Proses Pengumpanan Bahan Baku Pada Mesin *Extruder*
Nama Mahasiswa : Rio Pranata
NPM : 208130022
Program Studi : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik

Disetujui Oleh
Komisi Pembimbing


Ir. Dariantio, M.Sc
Pembimbing




Dr. Eng. Supriatno, ST., MT
Dekan




Dr. Iwandi, ST., MT
Ka. Prodi

Tanggal Lulus: 06 April 2026

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, 08 Juni 2026



Rio Pranata

NPM: 208130022

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

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

Nama : Rio Pranata
NPM : 208130022
Program Studi : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik
Jenis Karya : Tugas Akhir/ Skripsi/ Tesis

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Medan Area Hak Bebas Royalti Noneksklusif (Non-exclusive Royalty-Free Right) atas karya ilmiah saya yang berjudul: "EVALUASI PENGARUH *GEOMETRI SCREW DOUBEL SIWAR* TERHADAP PROSES PENGUMPANAN BAHAN BAKU PADA MESIN *EXTRUDER*".

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan) dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Medan Area berhak menyimpan, mengalih media/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir/skripsi/tesis saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik hak cipta. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Dibuat di. Universitas Medan Area

Pada Tanggal: 08 Juni 2026

Yang Menyatakan



(Rio Pranata)

NPM: 208130022

ABSTRAK

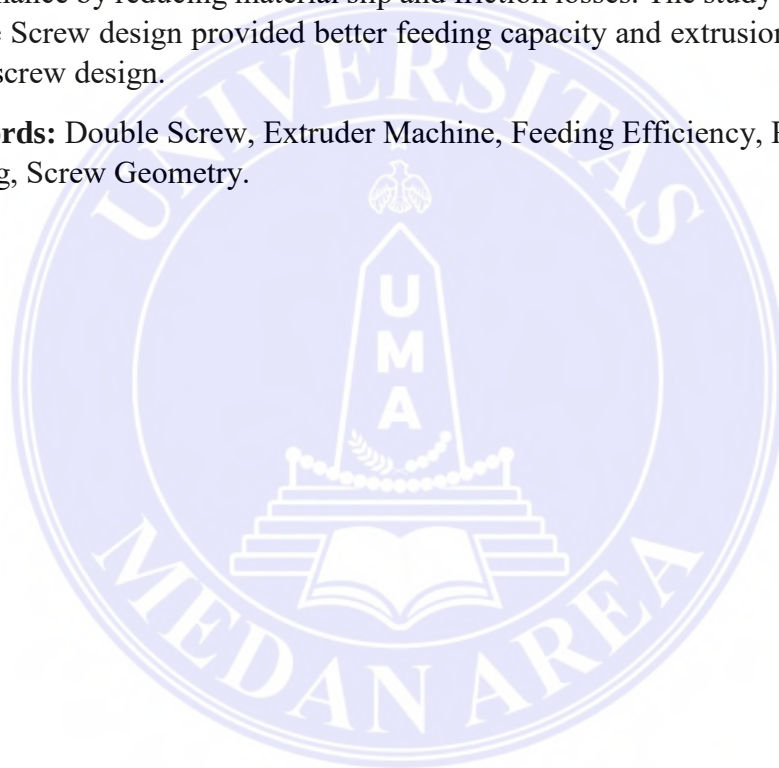
Perkembangan teknologi manufaktur menuntut peningkatan efisiensi, produktivitas, dan kualitas produk pada berbagai proses industri, salah satunya proses ekstrusi. Kinerja mesin ekstruder sangat dipengaruhi oleh desain geometri screw yang berfungsi mengatur aliran, tekanan, serta proses pengangkutan material dari hopper menuju barrel hingga die. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh geometri screw Double Screw terhadap proses pengumpanan bahan baku pada mesin ekstruder serta memberikan rekomendasi desain screw yang mampu meningkatkan efisiensi proses. Metode penelitian dilakukan melalui analisis parameter geometri screw yang meliputi diameter luar screw (D_o), diameter dalam screw (D_i), pitch screw (P), sudut heliks (β), dan panjang zona pengumpanan terhadap kapasitas pengumpanan, stabilitas aliran material, serta efisiensi proses ekstrusi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa geometri screw Double Screw memiliki pengaruh signifikan terhadap peningkatan kapasitas throughput, homogenitas aliran, dan kestabilan proses pengumpanan bahan baku. Optimasi pitch screw, sudut heliks, dan rasio kompresi terbukti mampu meningkatkan efisiensi pengumpanan dengan mengurangi slip material dan kehilangan akibat gesekan selama proses ekstrusi. Selain itu, konfigurasi Double Screw menghasilkan distribusi gaya yang lebih merata dibandingkan single screw sehingga mampu meningkatkan kapasitas pengangkutan material dan kualitas proses ekstrusi. Berdasarkan hasil penelitian, geometri screw Double Screw yang optimal dapat meningkatkan efisiensi pengumpanan, produktivitas mesin, serta kestabilan proses ekstrusi secara keseluruhan.

Kata Kunci: Geometri Screw, Double Screw, Mesin Ekstruder, Pengumpanan Bahan Baku, Efisiensi Ekstrusi.

ABSTRACT

The development of manufacturing technology has required higher efficiency and productivity in extrusion processes, particularly in raw material feeding systems. This study aimed to analyze the effect of Double Screw geometry on the raw material feeding process in an extruder machine and to provide recommendations for a more efficient screw design. A comparative analysis method was used to evaluate screw geometry parameters, including outer diameter, inner diameter, pitch, helix angle, and feeding zone length. The results showed that Double Screw geometry significantly affected feeding efficiency, throughput capacity, flow stability, and material homogeneity. Optimized screw geometry improved feeding performance by reducing material slip and friction losses. The study concluded that Double Screw design provided better feeding capacity and extrusion stability than single screw design.

Keywords: Double Screw, Extruder Machine, Feeding Efficiency, Raw Material Feeding, Screw Geometry.



RIWAYAT HIDUP

Penulis memiliki nama lengkap Rio Pranata lahir di Tanjung Morawa pada tanggal 17 Agustus 2002. Penulis merupakan anak pertama dari tiga bersaudara yang merupakan putra dari Bapak Safri Andi Kelana dan Ibu Jumiati.

Pendidikan formal yang pernah ditempuh oleh penulis mulai dari pendidikan Sekolah Dasar (SD) di SDN 105327 Perdamean dari kelas 1 sampai kelas 6 dan selesai pada tahun 2014. Kemudian penulis melanjutkan pendidikan Sekolah Menengah Pertama (SMP) di SMP Negeri 3 Tanjung Morawa dan selesai pada tahun 2017. Setelah itu penulis melanjutkan pendidikan Sekolah Menengah Kejuruan (SMK) di SMK Awal Karya Pembangunan Lubuk Pakam dan selesai pada Tahun 2020. Pada tahun 2020 penulis melanjutkan pendidikan kejenjang perguruan tinggi yaitu di Universitas Medan Area (UMA) dan mengambil jurusan Teknik Mesin di Fakultas Teknik.

Awal masuk pendidikan di Universitas Medan Area penulis mengikuti program pengenalan kampus (PKKMB) selama 3 hari. kemudian, penulis melaksanakan Kerja Praktek di PT. Perkebunan Nusantara II Unit PKS Pagar Merbabu selama 2 bulan

KATA PENGANTAR

Puji syukur ke hadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini yang berjudul. “Evaluasi Pengaruh *Geometri screw Double siwar* Terhadap Proses Pengumpanan Bahan Baku Pada Mesin *Extruder*”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh Gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Universitas Medan Area. Dalam proses penyusunan skripsi ini, penulis banyak menerima bantuan, bimbingan, dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada.

1. Bapak Ir. Dariantio. M,Sc selaku dosen pembimbing utama, yang telah memberikan bimbingan, saran, dan dukungan yang sangat berharga dalam proses penyusunan skripsi ini.
2. Bapak Dr. Iswandi, ST. M.T. Ketua Program Studi Teknik Mesin, Universitas Medan Area, yang telah memberikan kesempatan dan fasilitas dalam menyelesaikan penelitian ini.
3. Bapak/Ibu Dosen dan Staf Akademik, di lingkungan Fakultas Teknik, Universitas Medan Area, yang telah memberikan ilmu dan dukungan selama masa studi.
4. Keluarga tercinta terutama ayah dan ibu yang selalu memberikan doa, dukungan moral, dan materi yang tiada henti.

5. Rekan-rekan Mahasiswa Teknik Mesin Uma yang telah memberikan semangat dan kerjasama selama penyusunan skripsi ini.

Terima Kasih penulis sampaikan kepada Bapak Ir. H.Darianto, M.Sc selaku pembimbing yang telah banyak memberikan saran serta masukan terhadap penulis. Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini masih terdapat kekurangan dan keterbatasan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang konstruktif demi perbaikan dan penyempurnaan skripsi ini di masa mendatang. Akhir kata penulis ucapkan terima kasih.

Medan, 11 Mei 2026



Rio Pranata
NPM. 208130022

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERNYATAAN	iii
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR NOTASI	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Rumusan Masalah	7
1.3 Tujuan Penelitian	7
1.4 Manfaat Penelitian	7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	9
2.1 <i>Screw Double siwar</i>	9
2.2 Prinsip Kerja <i>Screw Double siwar</i>	11
2.3 Perbandingan Kinerja <i>Screw Tunggal dan Double siwar</i>	12
2.4 Mesin <i>Extruder</i>	14
2.5 Diameter <i>Screw</i>	15
2.6 Panjang Ulir (<i>L/D Ratio</i>)	15
2.7 <i>Pitch Screw</i> dan Sudut Ulir	20
2.8 Desain <i>Screw Double siwar</i>	24
2.9 <i>Geometri Screw</i>	30
2.10 Pengaruh <i>Geometri</i> terhadap Pelet Apung	31
2.11 Efisiensi Pengumpanan	33
2.12 Efisiensi Pengumpanan Pada <i>SCREW DOUBEL SIWAR</i>	35

2.13 Efisiensi Energi dan Kapasitas Produksi	36
BAB III METODELOGI PENELITIAN.....	40
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian.....	40
3.2 Bahan dan Alat.....	40
3.3 Desain Penelitian	45
3.4 Prosedur Penelitian	46
3.5 Kendala Penelitian dan Solusi	47
3.6 Luaran Penelitian	48
3.7 Teknik Analisi Data	48
BAB IV HASIL PENELITIAN.....	50
4.1 Gambaran Umum Objek Penelitian.....	50
4.2 Karakteristik <i>Geometri Screw Double siwar</i>	50
4.3 Rumus Kapasitas Pengumpanan.....	51
4.4 Data Uji dan Asumsi.....	51
4.5 Perhitungan Kapasitas Pengumpanan.....	51
4.6 Efisiensi Pengumpanan Aktual.....	52
4.7 Analisis	54
4.8 Grafik Perbandingan.....	55
4.9 Implikasi Desain	57
4.10 Pembahasan.....	58
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	60
5.1 Kesimpulan	60
5.2 Saran	61
DAFTAR PUSTAKA.....	62

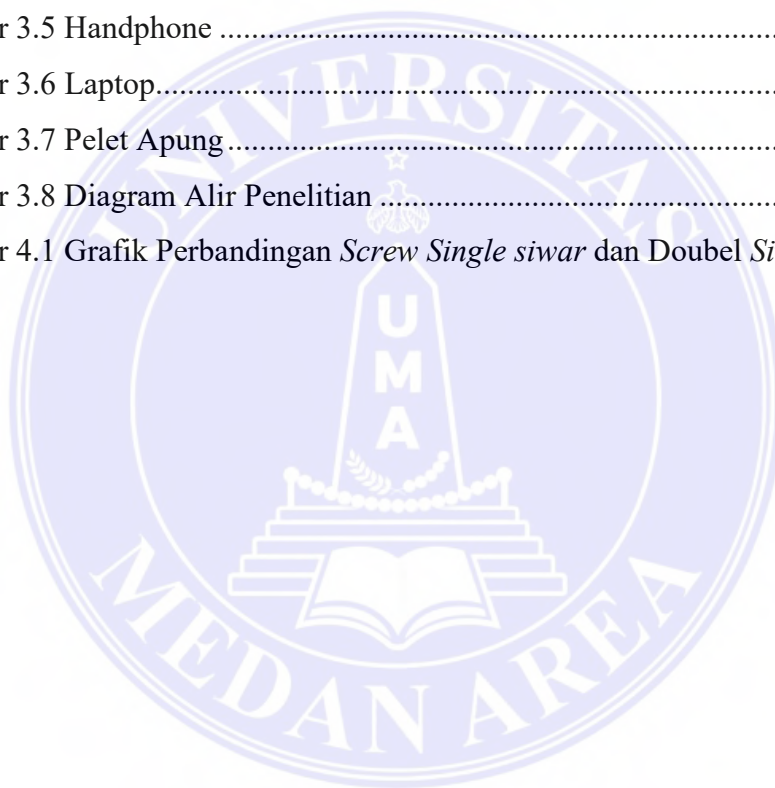
DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Jadwal Penelitian.....	40
Tabel 4.1 Karakteristik <i>Geometri Screw Double siwar</i>	50
Tabel 4.2 Perbandingan.....	55
Tabel 4.3 Implikasi Desain	57



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 <i>Twin Screw Extruder</i>	17
Gambar 2.2 <i>Screw Umpan</i>	21
Gambar 2.3 Bagian-Bagian Ulir	27
Gambar 3.1 Mesin <i>Ekstruder</i>	41
Gambar 3.2 Wattmeter	41
Gambar 3.3 Sensor suhu dan Tekanan	42
Gambar 3.4 Mikrometer	42
Gambar 3.5 Handphone	43
Gambar 3.6 Laptop	44
Gambar 3.7 Pelet Apung	44
Gambar 3.8 Diagram Alir Penelitian	49
Gambar 4.1 Grafik Perbandingan <i>Screw Single siwar</i> dan <i>Doubel Siwar</i>	56



DAFTAR NOTASI

P = *Pitch* atau jarak antara ulir (m)

D = Diameter *screw* (m)

n = jumlah ulir atau jumlah putaran per satuan panjang *screw*

Q = Kapasitas *screw* conveyor (m³/jam)

D = Diameter luar *screw* (m)

N = Kecepatan putar *screw* (rpm)

V = *Pitch screw* (m)

n = Faktor pengisian (0,3 - 0,5 tergantung material)

ϕ = koefisien pengisian (0–1)

P = densitas bahan (g/mm³)

Q_m = kapasitas pengumpanan massa (g/min)

m = Kapasitas aktual (kg/min)

W = Berat material yang ditampung (kg)

t = Waktu pengukuran sampel (menit)

D_o = Diameter luar *screw*

D_i = Diameter dalam

P = *Pitch screw*

B = sudut *heliks*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Perkembangan teknologi manufaktur modern menuntut adanya inovasi yang mampu meningkatkan produktivitas, efisiensi energi, dan kualitas produk secara berkelanjutan. Salah satu teknologi yang berperan penting dalam berbagai sektor industri seperti makan ternak, makanan, plastik, polimer, bahan komposit, hingga farmasi adalah mesin *ekstruder*. Mesin ini memiliki kemampuan untuk mengolah bahan mentah menjadi produk setengah jadi maupun produk akhir melalui tahapan pengumpanan, pencampuran, pemanasan, pelelehan, dan pembentukan. Menurut Torontech (2024), keberhasilan proses ekstrusi sangat dipengaruhi oleh desain dan kinerja komponen utamanya, yaitu *screw*.

Proses ekstrusi bekerja dengan prinsip pemadatan, pengadukan, dan pemaksaan material melalui sebuah saluran menggunakan elemen berulir (*screw*) sehingga dihasilkan produk dengan bentuk dan karakteristik tertentu. Kinerja mesin *ekstruder* sangat dipengaruhi oleh desain dan konfigurasi *screw*, karena *screw* berfungsi sebagai komponen utama yang mengatur aliran material sejak tahap pengumpanan hingga proses pembentukan produk.

Salah satu aspek penting dalam proses ekstrusi adalah sistem pengumpanan (*feeding system*). Efisiensi pengumpanan menentukan kemampuan mesin dalam mengalirkan bahan baku secara kontinu dan stabil menuju zona pemrosesan

Screw berfungsi mengendalikan proses perpindahan material dari hopper menuju *Barrel* dan selanjutnya ke die, serta berperan dalam mengatur aliran,

tekanan, dan tingkat pencampuran material. Desain *Geometri screw* yang meliputi *pitch*, diameter, sudut ulir, dan panjang ulir memiliki pengaruh besar terhadap kapasitas pengangkutan material, distribusi panas, dan efisiensi energi selama proses ekstrusi. Ketidaktepatan dalam pemilihan *Geometri screw* dapat menyebabkan penurunan efisiensi pengumpanan bahan baku, peningkatan konsumsi energi, ketidakstabilan aliran, bahkan kegagalan produk.

Salah satu perkembangan desain yang semakin banyak diterapkan di industri adalah *screw Double siwar* atau *twin screw*. Desain ini menggunakan dua ulir yang berputar secara paralel sehingga mampu meningkatkan kapasitas pengangkutan material, homogenisasi campuran, serta distribusi panas yang lebih merata dibandingkan dengan *screw* tunggal. Penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Campanella et al. (2019) menunjukkan bahwa penggunaan *screw Double siwar* mampu mengurangi kehilangan energi akibat gesekan berlebih, meminimalkan aliran balik atau *leakage flow*, serta meningkatkan kestabilan aliran material. Namun demikian, setiap jenis bahan memiliki karakteristik yang berbeda, seperti viskositas, titik leleh, dan sensitivitas terhadap panas, sehingga pemilihan parameter *Geometri screw* yang tepat menjadi tantangan tersendiri di lapangan.

Proses pengangkutan material dalam mesin *ekstruder* berlangsung melalui tiga mekanisme utama, yaitu *drag flow*, *pressure flow*, dan *leakage flow*. *Drag flow* terjadi akibat gesekan antara *screw*, *Barrel*, dan material yang mendorong material ke arah depan. *Pressure flow* muncul ketika tekanan internal meningkat di zona pelelehan sehingga mendorong material melewati filter atau die. Sementara itu, *leakage flow* terjadi akibat adanya celah antara *screw* dan *Barrel* yang memungkinkan sebagian material mengalir balik.

Salah satu aspek penting dalam proses ekstrusi adalah sistem pengumpanan (*feeding system*). Efisiensi pengumpanan menentukan kemampuan mesin dalam mengalirkan bahan baku secara kontinu dan stabil menuju zona pemrosesan. Ketidakefisienan pada tahap pengumpanan dapat menyebabkan fluktuasi laju aliran bahan, ketidakstabilan tekanan, peningkatan konsumsi energi, serta penurunan kualitas produk akhir. Oleh karena itu, optimalisasi sistem pengumpanan menjadi faktor krusial dalam meningkatkan kinerja dan produktivitas mesin *ekstruder*, khususnya pada mesin berkapasitas kecil hingga menengah.

Screw Double siwar terbukti dapat mengurangi fenomena *leakage flow* melalui distribusi tekanan yang lebih merata. Selain itu, pada setiap *ekstruder* terdapat tiga zona utama, yaitu *feeding zone* yang berperan dalam mengambil material dari hopper, *melting zone* yang mengatur proses pelelehan material melalui panas *Barrel* dan gesekan *screw*, serta *metering zone* yang mengatur aliran material cair menuju die dengan tekanan dan kecepatan stabil.

Meskipun *screw Double siwar* telah terbukti lebih efisien dibandingkan dengan *single screw*, penerapannya di industri masih menghadapi beberapa permasalahan. Banyak perusahaan menggunakan desain konvensional yang tidak berbasis analisis kuantitatif sehingga mengakibatkan konsumsi energi yang lebih tinggi, ketidakstabilan aliran pada material dengan viskositas tinggi, serta penurunan kualitas produk akibat distribusi panas yang tidak merata. Beberapa studi melaporkan bahwa penggunaan *screw Double siwar* mampu menghemat energi hingga 15–30 persen dibandingkan dengan *single screw* (Prasetyo et al., 2022), tetapi data empiris yang menghubungkan parameter *Geometri* dengan kecepatan aliran material dan konsumsi energi masih sangat terbatas.

Selain permasalahan teknis yang telah dipaparkan sebelumnya, efisiensi energi juga menjadi isu yang sangat krusial dalam pengoperasian mesin *ekstruder*. Proses ekstrusi termasuk salah satu proses yang memiliki konsumsi energi tinggi karena melibatkan pemanasan material, rotasi *screw*, serta pengendalian tekanan. Dalam skala industri, pengeluaran biaya energi dapat mencapai 20–30% dari total biaya produksi (Li et al., 2020). Oleh karena itu, optimasi *Geometri screw* yang dapat meningkatkan efisiensi pengumpanan tanpa memerlukan peningkatan kecepatan rotasi (*screw speed*) yang signifikan akan memberikan dampak ekonomi yang besar. Dengan kata lain, desain *screw* yang tepat dapat menurunkan beban kerja motor penggerak, mengurangi gesekan berlebih, serta menekan timbulnya panas akibat shear yang tidak terkendali.

Kecepatan rotasi *screw* atau *revolutions per minute* (RPM) merupakan salah satu parameter operasional yang sangat mempengaruhi proses pengumpanan bahan baku. Semakin tinggi RPM, semakin besar pula laju pengangkutan material dari *feeding zone* ke *metering zone*. Namun, peningkatan RPM secara berlebihan dapat menimbulkan masalah, seperti peningkatan shear rate yang berujung pada degradasi material, terbentuknya gelembung udara, atau bahkan kerusakan pada struktur molekul polimer. Oleh sebab itu, pendekatan yang hanya mengandalkan peningkatan kecepatan rotasi untuk meningkatkan kapasitas pengumpanan bukanlah solusi yang optimal. Perbaikan desain *Geometri screw* menjadi alternatif yang lebih menjanjikan karena dapat memberikan kapasitas pengumpanan lebih besar dengan kecepatan yang relatif sama, sehingga tidak menambah beban energi secara signifikan.

Jika dibandingkan dengan *single screw Extruder*, konfigurasi *Double screw Extruder* memiliki sejumlah keunggulan yang membuatnya semakin banyak diterapkan, khususnya pada proses pengolahan material yang kompleks. *Double screw* mampu mengatasi keterbatasan *single screw* dalam hal pencampuran (mixing) dan pengendalian tekanan. Interaksi antar ulir pada *twin screw* memungkinkan terjadinya *self-wiping effect*, yaitu mekanisme pembersihan ulir secara otomatis yang mengurangi akumulasi material dan menghindari *dead spot* yang dapat mengakibatkan degradasi termal. Selain itu, *twin screw* memberikan distribusi tekanan dan panas yang lebih seragam, sehingga cocok untuk pengolahan bahan dengan viskositas tinggi, serat penguat, maupun material termoplastik dengan sifat khusus (Campanella et al., 2019).

Keunggulan lain dari *twin screw* adalah kemampuannya dalam pencampuran dispersif dan distributif yang lebih baik. Dalam proses pembuatan komposit atau masterbatch, kualitas pencampuran sangat menentukan sifat akhir produk. Desain *Geometri screw* yang optimal pada *twin screw* dapat meningkatkan proses pencampuran ini tanpa harus menambah panjang *Barrel* atau meningkatkan temperatur pemanasan yang justru dapat merusak kualitas material.

Dari perspektif global, industri manufaktur saat ini menghadapi tantangan untuk memproduksi material yang lebih kuat, ringan, dan ramah lingkungan, sekaligus menekan biaya produksi. Negara-negara maju seperti Jerman, Jepang, dan Amerika Serikat telah mengembangkan teknologi ekstrusi canggih yang mengedepankan efisiensi energi dan keberlanjutan. Di sisi lain, industri nasional di Indonesia masih banyak mengandalkan teknologi ekstrusi konvensional dengan desain *screw* yang belum teroptimasi secara ilmiah. Hal ini mengakibatkan

rendahnya daya saing, terutama dalam menghadapi produk impor yang kualitasnya lebih konsisten.

Dengan adanya penelitian ini, diharapkan dapat dihasilkan rekomendasi desain *Geometri screw Double siwar* yang tidak hanya meningkatkan efisiensi pengumpanan bahan baku, tetapi juga mengurangi konsumsi energi, memperpanjang umur pakai komponen, dan menghasilkan kualitas produk yang lebih baik. Dampak positif ini akan sangat dirasakan oleh industri pengolahan plastik, pakan, maupun komposit yang memerlukan stabilitas produksi dalam jumlah besar.

Selain itu, penelitian ini diharapkan dapat memperkuat basis keilmuan dalam bidang mekanika fluida, perpindahan panas, dan rekayasa desain. Analisis pengaruh *Geometri screw* terhadap aliran material akan memberikan pemahaman yang lebih mendalam mengenai fenomena *drag flow*, *pressure flow*, dan *leakage flow*, serta keterkaitannya dengan efisiensi proses. Informasi ini sangat bermanfaat tidak hanya untuk kalangan akademisi, tetapi juga praktisi industri yang ingin meningkatkan performa mesin *ekstrudernya*.

Dengan mempertimbangkan semua faktor tersebut, penelitian ini memiliki nilai strategis baik secara ilmiah maupun praktis. Oleh karena itu, topik dari penelitian yang saya buat yaitu “Evaluasi Pengaruh *Geometri screw Double siwar* terhadap Proses Pengumpanan Bahan Baku pada Mesin *Extruder*” dipandang layak untuk dilakukan, guna memberikan kontribusi nyata dalam pengembangan teknologi ekstrusi yang lebih efisien, hemat energi, dan berkelanjutan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, adapun rumusan masalah pada penelitian ini yaitu:

1. Bagaimana pengaruh *Geometri screw Double siwar* terhadap proses pengumpanan bahan baku pada mesin *Extruder*?
2. Bagaimana optimalisasi *Geometri screw* dapat meningkatkan kapasitas produksi dan kualitas produk yang dihasilkan?

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian yang berjudul “Evaluasi Pengaruh *Geometri screw Double siwar* Terhadap Proses Pengumpanan Bahan Baku Pada Mesin *Extruder*” bertujuan untuk:

1. Menganalisis pengaruh *Geometri screw Double siwar* terhadap proses pengumpanan bahan baku mesin *Extruder*.
2. Memberikan rekomendasi desain *screw* yang lebih efisien untuk meningkatkan produktivitas dan kualitas hasil pengumpanan terbaik.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat:

1. Manfaat Teoritis
 - a. Hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai referensi dan pertimbangan bagi penelitian berikutnya.
 - b. Hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai referensi dan pertimbangan bagi penelitian berikutnya.

2. Manfaat Praktis

- a. Menyediakan panduan praktis untuk memilih *Geometri screw* sesuai kebutuhan proses produksi.
- b. Bagi Peneliti, dapat menambah ilmu pengetahuan, pengalaman, serta menerapkan ilmu yang diperoleh di bangku perkuliahan, serta sebagai syarat untuk memperoleh gelar sarjana pada Fakultas Teknik Universitas Medan Area.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 *Screw Double siwar*

Screw Double siwar adalah komponen dalam mesin *ekstruder* yang terdiri dari dua ulir (*screw*) berbentuk spiral atau *heliks* yang berputar bersamaan dalam satu laras (*Barrel*). Kata "*siwar*" merujuk pada bentuk ulir yang melilit seperti spiral, yang berfungsi untuk mengangkat, mencampur, dan memberikan tekanan pada bahan baku dalam proses ekstrusi. Sedangkan *screw Double siwar* menurut beberapa ahli yaitu:

Menurut Da Lin (2025) *Screw Double* atau *twin screw* adalah suatu perangkat yang terdiri dari dua poros sekrup sejajar yang dapat berputar bersama baik searah maupun berlawanan arah yang bekerja untuk mengangkat, mencampur, memampatkan atau mengekstrusi material secara kontinu melalui aksi kedua sekrup tersebut, sehingga menghasilkan kapasitas angkut yang lebih tinggi dan stabil dibandingkan dengan satu sekrup.

Menurut Wanplas (2024) *Screw Double* didefinisikan sebagai dua sekrup paralel di dalam laras yang saling berinteraksi melalui meshing *screw teeth* untuk menghasilkan pengangkutan paksa material, di mana struktur ulirnya dapat disesuaikan untuk keperluan pengangkutan, pencampuran, atau pemrosesan yang kompleks.

Menurut Kurniyawan (2024) mesin *ekstruder twin screw*, *Screw Double* adalah konfigurasi dua sekrup yang dirancang bekerja bersama dalam satu

mesinnya untuk mengontrol proses ekstrusi material misalnya plastik filamen 3D dengan keseimbangan antara kecepatan putar, suhu dan interaksi kedua sekrup, sehingga meningkatkan efisiensi dan kualitas hasil ekstrusi.

Menurut Rauwendaal (2014) *Geometri screw Double siwar* sangat mempengaruhi efisiensi ekstrusi, termasuk faktor seperti *pitch screw*, kedalaman alur, dan sudut *heliks*, yang berperan dalam transportasi dan pencampuran bahan secara efektif.

Menurut Tadmor & Gogos (2013) *Screw Double siwar* digunakan untuk meningkatkan efisiensi pencampuran dan pencairan bahan dalam proses ekstrusi, di mana desain ulirnya dapat disesuaikan untuk mengoptimalkan aliran material, tekanan, dan waktu tinggal bahan dalam *ekstruder*.

Fungsi dan Keunggulan *Screw Double siwar* yaitu:

1. Peningkatan Kapasitas Pengumpanan

Dengan dua ulir, material dapat didorong lebih banyak dalam satu putaran, meningkatkan efisiensi pengumpanan

2. Distribusi Aliran yang Lebih Merata

Meminimalkan zona stagnan dalam *ekstruder* dan meningkatkan homogenitas campuran bahan.

3. Pengurangan Waktu Proses

Karena aliran bahan lebih stabil, proses ekstrusi dapat berlangsung lebih cepat dan konsisten.

4. Peningkatan Tekanan dan Homogenisasi

Cocok untuk bahan dengan viskositas tinggi atau proses yang membutuhkan pencampuran lebih baik.

Screw Double siwar sering digunakan dalam *twin-screw Extruder*, yang banyak dipakai di industri plastik, makanan, dan farmasi untuk menghasilkan produk dengan kualitas lebih seragam.

Screw Double siwar memiliki dua ulir yang bekerja secara bersamaan sehingga mampu meningkatkan kemampuan pengangkutan dan distribusi material. Interaksi antar *screw* dapat memperbaiki homogenitas aliran dan mengurangi zona mati (*dead zone*) di dalam *Barrel*. Namun demikian, kinerja *screw Double siwar* tidak hanya ditentukan oleh jumlah *screw*, tetapi sangat dipengaruhi oleh *Geometri screw* yang meliputi *pitch* ulir, diameter *screw*, kedalaman ulir (*flight depth*), serta sudut *heliks*. Variasi *Geometri* tersebut akan menentukan kapasitas pengangkutan material, gaya dorong aksial, serta karakteristik aliran bahan di dalam *ekstruder*.

2.2 Prinsip Kerja Screw Double siwar

Menurut White dan Kim (2021), *screw Double* atau *twin-screw* merupakan sistem sekrup ganda yang terdiri dari dua buah *screw* berulir yang berputar secara simultan di dalam satu *Barrel*, di mana kedua *screw* tersebut dirancang saling berinteraksi (*intermeshing*) untuk menghasilkan mekanisme pengangkutan dan pemadatan material yang lebih efektif dibandingkan dengan *screw* tunggal. Interaksi antar *screw* ini memungkinkan peningkatan stabilitas aliran material dan efisiensi pengumpanan pada proses ekstrusi.

Sejalan dengan pendapat tersebut, Kohlgrüber (2020) menyatakan bahwa pada sistem *screw Double*, material yang masuk ke dalam *Barrel* dari hopper akan langsung tertangkap oleh alur ulir kedua *screw* akibat gaya gravitasi. Putaran *screw* menghasilkan gaya dorong aksial yang memindahkan material ke arah hilir *Barrel*. Keberadaan dua *screw* yang saling berinteraksi menyebabkan material terdorong

secara lebih merata dan *kontinu*, sehingga mengurangi ketergantungan terhadap gaya gesek antara material dan dinding *Barrel*.

Menurut Rauwendaal (2022), prinsip *intermeshing* pada *screw Double* memungkinkan terjadinya mekanisme *self-wiping*, yaitu kondisi di mana permukaan ulir pada satu *screw* secara kontinu membersihkan permukaan ulir *screw* lainnya dari sisa material. Mekanisme ini berperan penting dalam mencegah penumpukan material dan mengurangi terbentuknya zona mati (*dead zone*) di dalam *Barrel*, sehingga waktu tinggal material menjadi lebih seragam dan risiko degradasi material dapat diminimalkan.

Selanjutnya, Zhang et al. (2023) menjelaskan bahwa sistem *screw Double* menghasilkan distribusi gaya geser (*shear force*) yang lebih homogen dibandingkan *screw* tunggal. Gaya geser yang lebih merata ini sangat membantu dalam pengangkutan material dengan sifat alir rendah serta berkontribusi terhadap peningkatan homogenitas aliran dan kestabilan laju pengumpanan, khususnya pada mesin *ekstruder* dengan kapasitas menengah.

2.3 Perbandingan Kinerja Screw Tunggal dan Screw Double siwar

Menurut Rauwendaal (2022), *screw* tunggal bekerja berdasarkan mekanisme pengangkutan material melalui satu alur ulir yang berputar di dalam *Barrel*, di mana proses pengumpanan sangat bergantung pada gaya gesek antara material dan dinding *Barrel*. Ketergantungan ini menyebabkan kinerja *screw* tunggal sensitif terhadap perubahan karakteristik material, seperti ukuran partikel, kadar air, dan koefisien gesek.

Sebaliknya, White dan Kim (2021) menyatakan bahwa *screw Double siwar* menggunakan dua buah *screw* yang saling berinteraksi sehingga mampu

menghasilkan mekanisme pengangkutan material secara paksa (*positive conveying*). Interaksi antar ulir memungkinkan material terdorong secara lebih merata dan kontinu, sehingga efisiensi pengumpanan menjadi lebih tinggi dan stabil dibandingkan *screw* tunggal.

Dari segi stabilitas aliran, menurut Zhang et al. (2023), *screw* tunggal cenderung menghasilkan fluktuasi laju aliran akibat pengisian alur yang tidak seragam, yang berdampak pada ketidakstabilan tekanan di dalam *Barrel*. Sebaliknya, *screw Double* mampu menjaga aliran material yang lebih kontinu karena material terjebak di antara dua ulir yang saling mengunci (*intermeshing*).

Dalam hal pencampuran dan pembersihan diri, Kohlgrüber (2020) menjelaskan bahwa *screw Double* memiliki keunggulan melalui mekanisme *self-wiping* yang tidak dimiliki oleh *screw* tunggal. Mekanisme ini mampu mengurangi penumpukan material dan zona mati di dalam *Barrel*, sehingga kualitas aliran dan efisiensi proses ekstrusi menjadi lebih baik.

Secara umum, berdasarkan kajian beberapa ahli tersebut, *screw Double siwar* memiliki keunggulan dalam hal efisiensi pengumpanan, kestabilan aliran, dan fleksibilitas terhadap variasi karakteristik material. Namun demikian, *screw* tunggal tetap memiliki kelebihan dari sisi kesederhanaan desain, biaya pembuatan yang lebih rendah, serta kemudahan perawatan. Oleh karena itu, pemilihan sistem *screw* harus disesuaikan dengan kebutuhan proses dan karakteristik material yang diolah.

Perbandingan kinerja ini menjadi dasar ilmiah dalam penelitian untuk mengevaluasi sejauh mana *Geometri screw Double siwar* mampu meningkatkan efisiensi pengumpanan dibandingkan sistem *screw* tunggal pada mesin *ekstruder* berkapasitas 50 kg/jam.

2.4 Mesin *Extruder*

Mesin *Extruder* adalah mesin industri yang digunakan untuk memproses bahan dengan cara mendorongnya melalui cetakan (*die*) untuk membentuk produk dengan profil tertentu. Proses ekstrusi ini umum digunakan dalam industri plastik, makanan, logam, dan farmasi. Mesin *Extruder* menurut beberapa ahli yaitu:

Menurut Rauwendaal (2014) Mesin *Extruder* berfungsi sebagai alat konversi bahan mentah menjadi produk dengan bentuk kontinu, di mana *Geometri screw* dan parameter pemrosesan sangat mempengaruhi hasil ekstrusi.

Menurut Tadmor & Gogos (2013) *Extruder* merupakan mesin yang menggunakan *screw* berputar untuk memberikan tekanan dan transportasi material dalam keadaan leleh, yang kemudian dibentuk sesuai cetakan.

Jenis-Jenis Mesin *Extruder* Yaitu:

1. *Single Screw Extruder*
 - a. Menggunakan satu *screw* untuk mencairkan dan mendorong material.
 - b. Umumnya digunakan dalam pemrosesan plastik sederhana.
2. *Twin Screw Extruder (Double Screw)*
 - a. Memiliki dua *screw* yang berputar searah atau berlawanan.
 - b. Digunakan untuk pencampuran yang lebih homogen dan pemrosesan bahan dengan viskositas tinggi.
3. *Ram Extruder*
 - a. Tidak menggunakan *screw*, melainkan menggunakan tekanan hidrolik untuk mendorong bahan.
 - b. Digunakan dalam ekstrusi logam dan material dengan kekentalan tinggi.

Aplikasi Mesin *Extruder* yaitu:

1. Industri Plastik: Produksi pipa, lembaran, film, dan profil plastik.
2. Industri Makanan: Pembuatan pasta, mi instan, sereal, dan makanan ringan.
3. Industri Farmasi: Produksi tablet, kapsul, dan obat-obatan berbasis polimer.
4. Industri Logam: Ekstrusi aluminium dan paduan logam lainnya.

2.5 Diameter Screw

Diameter *screw* memengaruhi volume material yang dapat diangkut dan tekanan yang dihasilkan. Menurut studi oleh Campanella et al. (2020), diameter *screw* yang lebih besar dapat meningkatkan kapasitas ekstrusi, terutama pada material dengan viskositas tinggi. Namun, penggunaan diameter besar memerlukan daya yang lebih tinggi untuk mengatasi gesekan dan *shear stress* yang dihasilkan. Misalnya, dalam proses ekstrusi plastik dengan viskositas tinggi, peningkatan diameter *screw* dapat meningkatkan tekanan dan homogenisasi pencampuran, tetapi jika terlalu besar, bisa menyebabkan masalah seperti over-shearing dan peningkatan suhu yang tidak terkendali.

2.6 Panjang Ulir (L/D Ratio)

Rasio panjang ulir terhadap diameter *Barrel* (*L/D ratio*) merupakan parameter penting yang menentukan waktu tinggal material dalam *Barrel*.

1. L/D Ratio Tinggi

L/D Ratio (Length to Diameter Ratio) adalah perbandingan antara panjang *Barrel* dan diameter *screw* pada mesin *ekstruder*. Rasio L/D yang tinggi (lebih besar dari 30:1) sering digunakan untuk meningkatkan efisiensi proses ekstrusi, terutama untuk material dengan viskositas tinggi atau

komposisi yang kompleks. Beberapa ahli menjelaskan keunggulan L/D ratio yang tinggi dalam ekstrusi sebagai berikut:

Meningkatkan Homogenitas Pencampuran dan Pelelehan Material
Hadiyanto et al. (2020) menjelaskan bahwa semakin tinggi L/D ratio, semakin lama waktu yang dibutuhkan oleh material untuk berada dalam *Barrel*, yang memungkinkan proses pemanasan dan pencampuran yang lebih merata. Hal ini sangat penting untuk material yang membutuhkan waktu lebih lama untuk melebur atau untuk mencampur komponen yang kompleks agar tercampur dengan baik.

- a. Cocok untuk Material dengan Komposisi Kompleks
Zhang et al. (2021) menyatakan bahwa L/D ratio yang tinggi memungkinkan pemrosesan material yang memiliki banyak komponen atau bahan aditif. Proses pencampuran yang lebih lama dan lebih homogen dalam *Barrel* meningkatkan kualitas produk akhir, terutama untuk bahan komposit atau material yang memerlukan pencampuran seragam.

2. L/D Ratio Rendah

L/D Ratio rendah pada mesin *ekstruder* memiliki aplikasi khusus yang berfokus pada efisiensi proses yang lebih cepat dengan waktu tinggal material yang lebih pendek. Meskipun rasio ini tidak memungkinkan pemrosesan material yang kompleks atau viskositas tinggi dengan baik seperti pada L/D ratio tinggi, ia memiliki beberapa keuntungan dalam aplikasi tertentu.

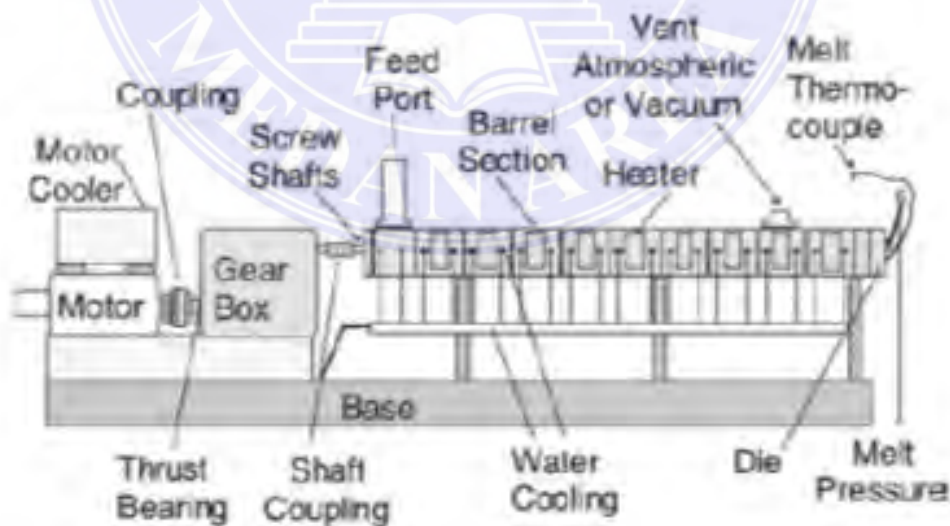
a. Proses yang Lebih Cepat

Zhao et al. (2021) menjelaskan bahwa L/D ratio rendah cocok untuk material yang lebih mudah meleleh atau lebih sedikit membutuhkan waktu pencampuran dan homogenisasi. Hal ini mempercepat proses ekstrusi, karena material bergerak lebih cepat melalui *Barrel*, yang mengurangi waktu pemrosesan dan meningkatkan efisiensi.

b. Cocok untuk Material yang Lebih Sederhana

Santosa & Sutanto (2021) menyebutkan bahwa L/D ratio rendah lebih cocok untuk pemrosesan material dengan komposisi sederhana yang tidak memerlukan waktu pencampuran yang lama atau pemanasan yang merata. Rasio ini lebih efisien untuk material yang memiliki viskositas rendah dan tidak memerlukan pemrosesan intensif.

Lebih efisien dalam pengangkutan material, tetapi kurang efektif dalam mencampur bahan secara menyeluruh (Mujumdar et al., 2018).



Gambar 2.1 Twin Screw Extruder

Berikut penjelasan masing-masing komponen pada gambar mesin *ekstruder* sekrup ganda (*twin screw Extruder*):

1. Motor

Berfungsi untuk menggerakkan sistem transmisi melalui energi listrik yang diubah menjadi energi mekanik rotasi.

2. Motor *Cooler*

Pendingin motor yang menjaga suhu motor agar tidak mengalami *overheat* selama operasi.

3. *Coupling*

Menghubungkan motor dengan *gear box*, memungkinkan transmisi daya dengan meminimalkan getaran dan misalignment.

4. *Gear Box*

Menurunkan kecepatan putaran motor (RPM) dan meningkatkan torsi sesuai kebutuhan ekstrusi.

5. *Thrust Bearing*

Menahan gaya aksial yang dihasilkan oleh tekanan material saat *screw* mendorong bahan ke arah die.

6. *Shaft Coupling*

Menghubungkan poros gearbox dengan poros *screw*, mentransfer torsi dari gearbox ke *screw shafts*.

7. Screw Shafts

Komponen utama yang mengangkut, mencampur, dan melelehkan bahan baku melalui ulir (*flight*) yang berputar di dalam *Barrel*.

8. *Feed Port*

Tempat masuknya bahan baku (biasanya berupa pelet, serbuk, atau campuran bahan) ke dalam *Barrel*.

9. *Barrel Section*

Selongsong silinder yang menahan *screw shafts* dan menjadi tempat terjadinya transportasi, pencampuran, dan pelelehan material.

10. *Heater*

Pemanas yang menjaga suhu *Barrel* pada tingkat yang dibutuhkan untuk proses ekstrusi.

11. *Vent (Atmospheric or Vacuum)*

Saluran untuk mengeluarkan udara, gas, atau uap yang terbentuk selama proses ekstrusi agar produk bebas dari porositas.

12. *Water Cooling*

Sistem pendinginan menggunakan air untuk menjaga stabilitas suhu *Barrel* pada bagian tertentu.

13. *Base*

Struktur pendukung utama yang menopang seluruh komponen mesin *ekstruder*.

14. *Die*

Cetakan pada ujung *ekstruder* yang menentukan bentuk akhir produk ekstrusi (misalnya pelet, lembaran, atau profil).

15. *Melt Thermocouple*

Sensor yang mengukur suhu material leleh sebelum keluar melalui *die*.

16. Melt Pressure

Titik pengukuran tekanan leleh di ujung *Barrel* sebelum memasuki die, penting untuk mengontrol kualitas produk.

2.7 Pitch Screw dan Sudut Ulir

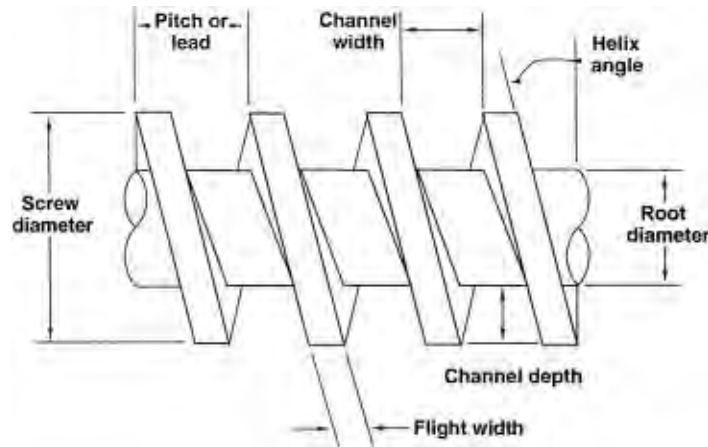
Pitch screw dan sudut ulir memiliki peran penting dalam mempengaruhi efisiensi proses ekstrusi, baik dari segi pengangkutan material, homogenisasi, hingga tekanan yang dihasilkan dalam *Barrel*.

a. Pitch Lebar

Santosa & Sutanto (2020) mengemukakan bahwa *pitch screw* yang lebih lebar memungkinkan peningkatan kapasitas pengangkutan material. Namun, mereka juga menyatakan bahwa pengangkutan yang lebih cepat ini dapat mengurangi *shear stress* yang diperlukan untuk pencampuran dan pelelehan material, terutama untuk material dengan komposisi atau viskositas yang lebih kompleks.

b. Sudut Ulir Kecil

Hadiyanto et al. (2021) menjelaskan bahwa sudut ulir kecil dapat meningkatkan tekanan balik yang lebih besar, yang memperlambat aliran material dan meningkatkan waktu tinggal material dalam *Barrel*. Hal ini memberi waktu lebih banyak bagi material untuk melewati proses pemanasan dan pencampuran, yang dapat menghasilkan material yang lebih homogen dan lebih baik dalam kualitasnya. Memberikan tekanan balik yang lebih besar, meningkatkan waktu tinggal material untuk pelelehan dan pencampuran lebih baik (Andersen & Campbell, 2021).



Gambar 2.2 *Screw Umpan*

Penjelasan Bagian-Bagian *Screw Extruder*

Screw Extruder merupakan komponen utama dalam proses ekstrusi yang berfungsi untuk mengangkat, memampatkan, mencampur, dan mendorong material sepanjang *Barrel*. Kinerja *screw* sangat dipengaruhi oleh *Geometri* dan dimensi setiap bagiannya. Berikut ini adalah penjelasan rinci mengenai bagian-bagian utama *screw Extruder*.

1. *Screw Diameter*

Screw diameter merupakan diameter luar dari ulir *screw* yang menjadi batas maksimum saluran aliran material di dalam *Barrel*. Diameter ini sangat menentukan kapasitas pengangkutan material, karena semakin besar diameter *screw*, semakin besar pula volume material yang dapat diakomodasi pada setiap putaran. Selain itu, *screw diameter* juga berpengaruh terhadap gaya geser dan konsumsi daya mesin. Pada aplikasi *ekstruder* berkapasitas besar, diameter *screw* yang lebih besar umumnya digunakan untuk meningkatkan laju alir material dan produktivitas proses.

2. *Pitch or Lead*

Pitch adalah jarak aksial antara dua ulir berturut-turut dalam satu putaran penuh *screw*. Pada *screw* dengan satu alur ulir (*single-start screw*), nilai *pitch* sama dengan lead. Namun, pada *screw* dengan lebih dari satu alur ulir (*multi-start screw*), lead merupakan hasil perkalian antara *pitch* dan jumlah start. *Pitch* atau lead memengaruhi kecepatan pengangkutan material di sepanjang *Barrel*. *Pitch* yang lebih besar cenderung meningkatkan laju transportasi material, tetapi dapat mengurangi tingkat pemadatan dan pencampuran. Sebaliknya, *pitch* yang lebih kecil meningkatkan waktu tinggal material dan intensitas pencampuran.

3. *Channel Width*

Channel Width adalah lebar saluran di antara dua dinding ulir (*flight*) yang menjadi ruang utama bagi material selama proses ekstrusi. Lebar saluran ini menentukan volume efektif material yang dapat ditransportasikan pada setiap putaran *screw*. *Channel Width* yang lebih besar memungkinkan kapasitas angkut yang lebih tinggi, tetapi dapat menurunkan kualitas pencampuran. Oleh karena itu, penentuan *Channel Width* harus disesuaikan dengan karakteristik material dan tujuan proses, apakah lebih menekankan pada kapasitas atau homogenitas material.

4. *Channel Depth*

Channel Depth merupakan kedalaman saluran yang diukur dari diameter dasar ulir (*Root diameter*) hingga diameter luar *screw*. Parameter ini sangat berpengaruh terhadap kapasitas transportasi dan tekanan yang dihasilkan selama proses ekstrusi. *Channel Depth* yang lebih dalam memungkinkan

volume material yang lebih besar untuk ditampung, sehingga meningkatkan kapasitas ekstrusi. Namun demikian, *Channel Depth* yang terlalu besar dapat menurunkan efek geser dan pencampuran, serta menyebabkan distribusi material yang kurang homogen di dalam *Barrel*.

5. *Flight Width*

Flight Width adalah lebar dinding ulir yang membatasi saluran aliran material. Bagian ini berperan penting dalam menjaga arah aliran material dan mentransmisikan gaya dorong aksial dari *screw* ke material. *Flight Width* yang terlalu besar dapat meningkatkan gesekan antara *screw* dan *Barrel*, sehingga meningkatkan keausan dan konsumsi energi. Sebaliknya, *Flight Width* yang terlalu kecil dapat mengurangi kekuatan struktural *screw* dan meningkatkan risiko deformasi atau kegagalan mekanis. Oleh karena itu, dimensi flight harus dirancang seimbang antara kekuatan dan efisiensi aliran.

6. *Root Diameter*

Root diameter merupakan diameter bagian dasar ulir *screw* yang terletak di antara dua flight. Bagian ini memiliki peran penting dalam menentukan kekuatan mekanis *screw*, terutama dalam menahan momen puntir dan gaya geser selama proses ekstrusi. *Root diameter* yang lebih besar meningkatkan kekakuan dan ketahanan *screw* terhadap beban mekanis, namun secara bersamaan akan mengurangi *Channel Depth* dan volume saluran material. Oleh sebab itu, pemilihan *Root diameter* harus mempertimbangkan keseimbangan antara kekuatan struktural dan kapasitas transportasi.

7. *Helix angle*

Helix angle adalah sudut yang dibentuk oleh jalur ulir terhadap sumbu poros *screw*. Sudut ini sangat memengaruhi kecepatan pengangkutan dan waktu tinggal material di dalam *Barrel*. *Helix angle* yang lebih besar menyebabkan material terdorong lebih cepat ke arah hilir, sehingga meningkatkan laju ekstrusi. Namun, waktu tinggal material menjadi lebih singkat, yang dapat mengurangi efektivitas pencampuran dan pemanasan. Sebaliknya, *helix angle* yang lebih kecil meningkatkan waktu tinggal dan intensitas interaksi material, tetapi dapat menurunkan kapasitas ekstrusi.

Rumus untuk menghitung jarak antara ulir pada *screw conveyor (pitch)* biasanya bergantung pada diameter *screw* dan kebutuhan operasional. Jarak antara ulir (*pitch*) adalah jarak antara satu ulir dengan ulir berikutnya pada *screw conveyor*. Rumus jarak antara ulir (*pitch*):

$$P = \frac{\pi \times D}{n} \dots\dots\dots (2.1)$$

Keterangan:

P = *Pitch* atau jarak antara ulir (m)

D = Diameter *screw* (m)

n = jumlah ulir atau jumlah putaran per satuan panjang *screw*

2.8 Desain Screw Double siwar

Screw Double siwar atau *twin-screw* memiliki dua ulir paralel yang berputar secara bersamaan dalam *Barrel ekstruder*. Dibandingkan dengan *screw single siwar*, desain ini menawarkan peningkatan dalam efisiensi pengangkutan, distribusi

panas, pencampuran material, serta homogenisasi, yang sangat penting dalam industri ekstrusi plastik, makanan, dan material komposit.

Screw Double siwar digunakan terutama dalam aplikasi yang memerlukan pencampuran kompleks, kontrol viskositas tinggi, dan stabilitas pengangkutan material. Beberapa keunggulan utama dari desain ini meliputi:

1. Distribusi Beban yang Lebih Merata

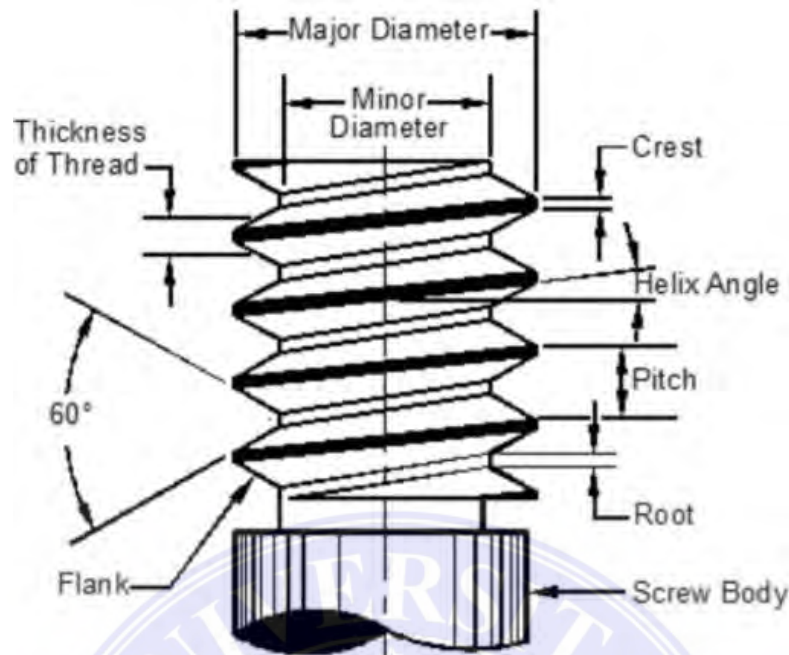
Distribusi beban dalam *ekstruder* sangat memengaruhi efisiensi dan daya tahan sistem. Mengurangi kemungkinan aliran balik material, meningkatkan stabilitas kapasitas.

- a. Santosa & Sutanto (2021) menjelaskan bahwa *screw Double siwar* mengurangi kemungkinan aliran balik material, yang sering menjadi masalah dalam *screw single siwar*. Dengan dua ulir yang bekerja paralel, material lebih stabil saat bergerak di sepanjang *Barrel*, mengurangi fluktuasi tekanan, dan meningkatkan stabilitas kapasitas produksi.
- b. Selain itu, *screw Double siwar* memungkinkan beban kerja tersebar lebih merata di antara dua ulir, sehingga mengurangi gesekan dan keausan pada *Barrel*, memperpanjang umur pemakaian komponen *ekstruder* (Hadiyanto et al., 2021).

2. Efisiensi Pengangkutan Material

Screw Double siwar memiliki desain yang mengoptimalkan transfer material dari zona pengumpanan ke zona pelelehan dan metering. Mengoptimalkan transfer material di sepanjang *Barrel*.

- a. Hadiyanto et al. (2021) menemukan bahwa penggunaan desain *screw Double siwar* dapat meningkatkan efisiensi pengangkutan material hingga 30% dibandingkan dengan *screw single siwar*.
 - b. Hal ini terjadi karena dua ulir berputar bersamaan, yang membantu mendorong material lebih stabil ke depan tanpa mengalami stagnasi atau penggumpalan.
 - c. Dalam aplikasi industri makanan, desain ini sangat berguna untuk menjaga homogenitas bahan adonan selama pemrosesan (Rahardian & Widodo, 2022).
3. Peningkatan Kualitas Pelelehan dan Pencampuran Material
- Dalam proses ekstrusi, homogenisasi material menjadi faktor utama yang menentukan kualitas produk akhir, terutama dalam industri plastik dan polimer. Memastikan pelelehan dan pencampuran material lebih seragam, menghasilkan pelet dengan struktur yang lebih baik
- a. Rahardian & Widodo (2022) menjelaskan bahwa *screw Double siwar* dapat memastikan pelelehan yang lebih merata, sehingga menghasilkan kualitas pelet atau produk akhir yang lebih seragam.
 - b. Sudut ulir dan *pitch* yang optimal pada *screw Double siwar* meningkatkan *shear stress*, yang membantu dalam pencampuran lebih efisien, terutama untuk material dengan komposisi kompleks atau viskositas tinggi.
 - c. Zainal et al. (2023) menambahkan bahwa desain ini meminimalkan residu material yang dapat menyebabkan kontaminasi dalam produksi, menjadikannya lebih cocok untuk aplikasi farmasi dan industri makanan.



Gambar 2.3 Bagian-Bagian Ulir

Berikut penjelasan masing-masing komponen pada gambar bagian-bagian ulir

Ulir (*thread*) pada *screw Extruder* merupakan elemen utama yang berfungsi untuk mengangkat, memampatkan, dan mentransmisikan gaya ke material selama proses ekstrusi. *Geometri* ulir sangat memengaruhi performa *ekstruder*, baik dari sisi kapasitas, efisiensi pengumpanan, maupun kekuatan mekanis. Berikut ini adalah penjelasan masing-masing komponen ulir sebagaimana ditunjukkan pada gambar bagian-bagian ulir.

1. *Major Diameter*

Major diameter adalah diameter terbesar dari ulir yang diukur dari puncak ulir (*Crest*) pada satu sisi ke puncak ulir pada sisi berlawanan. Parameter ini menentukan ukuran nominal ulir dan berhubungan langsung dengan volume maksimum saluran aliran material di dalam *Barrel*. Pada *screw Extruder*,

Major diameter yang lebih besar memungkinkan peningkatan kapasitas pengangkutan material, namun juga meningkatkan luas kontak antara ulir dan *Barrel* yang dapat memengaruhi gesekan dan keausan.

2. *Minor* Diameter

Minor diameter merupakan diameter terkecil dari ulir yang diukur dari dasar ulir (*Root*) pada satu sisi ke dasar ulir pada sisi berlawanan. *Minor* diameter sangat berpengaruh terhadap kekuatan inti ulir, karena bagian inilah yang menahan sebagian besar beban torsi dan gaya geser selama proses ekstrusi. *Minor* diameter yang terlalu kecil dapat meningkatkan risiko kegagalan mekanis, sedangkan *Minor* diameter yang terlalu besar akan mengurangi kedalaman saluran alir material.

3. *Pitch*

Pitch adalah jarak aksial antara dua puncak ulir yang berurutan sepanjang sumbu *screw*. *Pitch* menentukan laju pergerakan material di dalam *Extruder*, karena semakin besar *pitch*, semakin jauh material terdorong pada setiap putaran *screw*. Dalam praktiknya, pemilihan *pitch* harus disesuaikan dengan kebutuhan proses, karena *pitch* yang terlalu besar dapat menurunkan tingkat pemadatan dan pencampuran, sementara *pitch* yang terlalu kecil dapat mengurangi kapasitas ekstrusi.

4. *Helix angle*

Helix angle adalah sudut yang dibentuk oleh garis ulir terhadap sumbu *screw*. Sudut ini berkaitan erat dengan *pitch* dan diameter ulir, serta memengaruhi kecepatan transportasi material dan waktu tinggal material di dalam *Barrel*. *Helix angle* yang besar menghasilkan transportasi material yang lebih cepat,

tetapi dapat mengurangi waktu tinggal dan efektivitas pencampuran. Sebaliknya, *helix angle* yang kecil meningkatkan waktu tinggal material, namun dapat menurunkan laju ekstrusi.

5. *Crest*

Crest merupakan puncak ulir, yaitu bagian paling luar dari ulir yang secara langsung bersentuhan dengan material dan dinding *Barrel ekstruder*. *Crest* berfungsi sebagai pembatas saluran aliran material serta berperan dalam menjaga arah aliran selama proses ekstrusi. Kondisi *Crest* sangat memengaruhi tingkat keausan *screw* dan *Barrel*, sehingga desain dan material *Crest* harus mampu menahan gesekan dan beban operasi yang tinggi.

6. *Root*

Root adalah dasar ulir yang terletak di antara dua *Flank*. Bagian ini menjadi penentu utama kekuatan mekanis ulir, karena merupakan titik dengan tegangan tertinggi akibat torsi dan gaya geser. Desain *Root* yang baik diperlukan untuk mencegah terjadinya retak atau kegagalan struktural, terutama pada operasi *ekstruder* dengan tekanan dan kapasitas tinggi.

7. *Flank*

Flank merupakan permukaan miring ulir yang menghubungkan *Crest* dan *Root*. *Flank* berperan penting dalam mentransmisikan gaya dorong dan gaya geser dari *screw* ke material. Selama proses ekstrusi, material mengalami gesekan dan tekanan pada permukaan *Flank*, sehingga bentuk dan kekasaran *Flank* sangat memengaruhi efisiensi pengangkutan, pencampuran, serta distribusi gaya geser pada material.

8. *Thickness of thread*

Thickness of thread adalah ketebalan ulir yang umumnya diukur pada garis *pitch*. Ketebalan ini memengaruhi daya tahan ulir terhadap keausan dan kemampuan menahan torsi. Ulir dengan ketebalan yang cukup akan lebih tahan terhadap deformasi dan keausan akibat gesekan kontinu dengan material dan *Barrel*. Namun, ketebalan yang berlebihan dapat mengurangi volume saluran material dan menurunkan kapasitas ekstrusi.

9. *Screw Body*

Screw Body merupakan badan utama dari poros sekrup yang menjadi tempat ulir dibentuk. Bagian ini berfungsi sebagai struktur penopang utama yang menahan beban mekanis selama operasi *ekstruder*, termasuk torsi, gaya aksial, dan gaya geser. Kualitas material dan dimensi *screw Body* sangat menentukan umur pakai *screw* serta kestabilan operasi ekstrusi secara keseluruhan.

2.9 *Geometri Screw*

Geometri screw merupakan komponen desain fundamental dalam teknologi ekstrusi, karena berperan besar dalam menentukan karakter aliran, transfer panas, dan kemampuan pencampuran selama proses termomekanis berkelanjutan. *Screw Extruder* bekerja mengubah bahan baku padat menjadi produk homogen melalui pengangkutan mekanik, gesekan, dan pemanasan internal; *Geometri* seperti diameter *pitch* (D), *pitch* (P), *helix angle* (ϕ), kedalaman kanal, serta rasio panjang terhadap diameter (L/D) secara langsung mempengaruhi *throughput*, tekanan internal, distribusi suhu, serta sifat akhir produk seperti densitas dan porositas (Tadmor & Gogos, 2013).

Dalam konteks industri pakan ikan, terutama untuk produksi pelet apung yang membutuhkan kontrollabilitas porositas dan densitas agar memiliki daya apung serta kekuatan mekanik optimal, optimasi *Geometri screw* menjadi sangat penting. Parameter *Geometri* menentukan *residence time*, sejarah geser (*shear history*), dan distribusi energi panas semua ini mempengaruhi pelelehan, pembentukan pori, dan struktur agregasi partikel dalam pelet (Singh, dkk., 2021).

Urgensi optimasi *Geometri screw* juga didorong oleh kebutuhan efisiensi energi: desain *screw* yang tepat dapat meningkatkan kapasitas produksi tanpa meningkatkan konsumsi energi secara signifikan, sekaligus meminimalkan degradasi termal bahan sensitif. Selain itu, pada konfigurasi *twin-screw* (ko- atau kontra-rotating), variabel seperti *intermeshing*, *overlap/interference*, dan penataan elemen mixing membuka peluang optimasi throughput dan pencampuran untuk formulasi pakan kompleks (Singh, dkk., 2021).

2.10 Pengaruh *Geometri* terhadap Pelet Apung

Dalam industri pakan ikan, kualitas pelet apung sangat bergantung pada porositas, kepadatan, dan komposisi material. Salah satu faktor utama yang menentukan keberhasilan proses ini adalah *Geometri screw* dalam *ekstruder*. Penelitian oleh Zhang et al. (2020) menunjukkan bahwa *screw* dengan desain ulir ganda memberikan hasil pelet dengan porositas lebih tinggi dibandingkan *screw* tunggal, meningkatkan daya apung hingga 20%. *Geometri screw* mencakup parameter seperti *pitch*, sudut ulir, dan desain *siwar*, yang semuanya berperan dalam pengangkutan, pencampuran, dan pelelehan bahan baku. Faktor-faktor ini memiliki pengaruh yang signifikan terhadap proses pembentukan pelet, termasuk kestabilan struktur, kemampuan mengapung, serta tingkat kerapuhan produk akhir.

Dengan memahami dan mengoptimalkan *Geometri screw*, produsen dapat meningkatkan efisiensi produksi sekaligus menjaga kualitas pakan sesuai standar industri.

1. Pelelehan Sempurna untuk Gelatinisasi Pati

Salah satu tujuan utama dalam produksi pelet apung adalah memastikan gelatinisasi pati yang optimal. Gelatinisasi terjadi ketika pati dalam bahan baku menyerap air dan mengalami pemanasan, menghasilkan struktur yang lebih kohesif dan memungkinkan pelet tetap mengapung. Dalam arti memastikan gelatinisasi pati secara optimal, yang meningkatkan kemampuan pelet untuk mengapung di air

- a. Hadiyanto et al. (2022) menyatakan bahwa desain *screw* dengan *pitch* dan sudut ulir yang tepat dapat meningkatkan pengadukan dan gesekan internal, sehingga mempercepat gelatinisasi pati dalam bahan baku.
- b. *Screw Double siwar* terbukti lebih efektif dibandingkan *single siwar* dalam meningkatkan pelelehan material, karena memungkinkan lebih banyak zona pencampuran di sepanjang *Barrel* (Santoso & Sutanto, 2021).
- c. Sudut ulir kecil meningkatkan tekanan balik, yang memperpanjang waktu tinggal material dalam *Barrel*, memastikan gelatinisasi berlangsung lebih sempurna (Rahardian & Widodo, 2022).

2. Homogenitas dalam Struktur Pelet

Homogenitas sangat penting dalam menentukan daya apung pelet, karena pelet yang memiliki struktur pori-pori seragam akan lebih efektif dalam mempertahankan bentuknya di dalam air. Dalam arti Desain ulir yang efektif

memastikan pencampuran bahan yang merata, menghasilkan pelet dengan struktur internal yang seragam.

- a. Menurut Zainal et al. (2023), desain *screw* dengan *pitch* lebar dapat meningkatkan porositas pelet, yang berkontribusi pada daya apung yang lebih baik.
- b. Peningkatan *shear stress* akibat sudut ulir kecil juga membantu dalam dispersi lemak dan protein lebih merata, menghasilkan pelet dengan struktur internal yang seragam dan lebih tahan terhadap disintegrasi di air (Rahman et al., 2021).
- c. Dalam industri pakan ikan, penggunaan *twin-screw Extruder* terbukti lebih unggul dalam mengontrol porositas dan densitas pelet dibandingkan *ekstruder single screw* (Santoso & Sutanto, 2021).

2.11 Efisiensi Pengumpanan

Menurut Rauwendaal (2022), efisiensi pengumpanan merupakan salah satu parameter kinerja utama pada mesin *ekstruder* yang menggambarkan kemampuan sistem *screw* dalam mengalirkan material dari hopper ke dalam *Barrel* secara kontinu dan stabil. Efisiensi ini umumnya dinyatakan sebagai perbandingan antara laju pengumpanan aktual yang terjadi selama operasi dengan laju pengumpanan teoritis yang dihitung berdasarkan *Geometri screw* dan kecepatan putarnya. Semakin kecil selisih antara nilai aktual dan teoritis, semakin tinggi efisiensi pengumpanan sistem tersebut.

Sejalan dengan hal tersebut, White dan Kim (2021) menyatakan bahwa efisiensi pengumpanan mencerminkan tingkat keberhasilan desain *screw* dalam mengonversi gerak rotasi menjadi aliran material aksial. Efisiensi yang tinggi

menunjukkan bahwa *screw* bekerja mendekati kondisi ideal sesuai dengan rancangan *Geometrinya*, sedangkan efisiensi yang rendah mengindikasikan adanya kehilangan aliran akibat slip, ketidakterisian saluran ulir, atau karakteristik material yang kurang mendukung.

Menurut Kohlgrüber (2020), efisiensi pengumpanan pada mesin *ekstruder* dipengaruhi oleh berbagai faktor, antara lain desain sistem pengumpanan (*hopper* dan *feed zone*), *Geometri screw* (*diameter*, *pitch*, *Channel Depth*), kecepatan putar *screw*, serta sifat fisik material seperti ukuran partikel, densitas curah, dan koefisien gesek. Interaksi antar faktor tersebut menentukan sejauh mana material dapat mengisi saluran ulir secara optimal dan terdorong secara efektif ke sepanjang *Barrel*.

Zhang et al. (2023) menekankan bahwa pada sistem *screw Double siwar* (*twin screw*), efisiensi pengumpanan menjadi lebih signifikan dibandingkan *screw* tunggal karena melibatkan interaksi dua *screw* yang bekerja secara simultan dan saling memengaruhi. Interaksi antar ulir memungkinkan terjadinya mekanisme pengangkutan paksa (*positive conveying*), sehingga ketergantungan terhadap gaya gesek antara material dan dinding *Barrel* dapat dikurangi. Hal ini menyebabkan laju pengumpanan menjadi lebih stabil dan efisiensinya meningkat.

Menurut White (2021), konfigurasi *screw Double*, baik *co-rotating* maupun *counter-rotating*, memberikan kontribusi tambahan terhadap efisiensi pengumpanan melalui mekanisme *intermeshing* dan *self-wiping*. Mekanisme ini membantu menjaga pengisian saluran ulir tetap konsisten, mengurangi slip material, serta meminimalkan fluktuasi laju aliran, terutama pada material dengan sifat alir rendah.

Berdasarkan beberapa pandangan ahli tersebut, dapat disimpulkan bahwa efisiensi pengumpanan merupakan indikator penting dalam menilai kinerja mesin *ekstruder*. Pada sistem *screw Double siwar*, efisiensi pengumpanan umumnya lebih tinggi dibandingkan *screw* tunggal karena adanya interaksi antar *screw* yang meningkatkan stabilitas aliran dan efektivitas pengangkutan material. Oleh karena itu, analisis efisiensi pengumpanan menjadi aspek krusial dalam penelitian yang berfokus pada pengaruh *Geometri screw* terhadap kinerja mesin *ekstruder*.

2.12 Efisiensi Pengumpanan pada *Screw Double siwar*

Pada sistem *screw Double siwar*, efisiensi pengumpanan umumnya lebih tinggi dibandingkan dengan *screw* tunggal. Menurut White dan Kim (2021), peningkatan efisiensi ini disebabkan oleh interaksi dua *screw* yang berputar secara simultan, sehingga menghasilkan gaya dorong aksial yang lebih besar dan proses pengangkutan material yang bersifat *positive conveying*. Interaksi tersebut memungkinkan material terdorong secara lebih konsisten sepanjang *Barrel*.

Sejalan dengan pendapat tersebut, Kohlgrüber (2020) menjelaskan bahwa mekanisme *intermeshing* pada *screw Double siwar* menyebabkan material terjebak di antara dua ulir yang saling mengunci, sehingga distribusi aliran material menjadi lebih merata dan ketergantungan terhadap gaya gesek antara material dan dinding *Barrel* dapat dikurangi. Kondisi ini berkontribusi langsung terhadap peningkatan efisiensi pengumpanan.

Menurut Rauwendaal (2022), keberadaan mekanisme *self-wiping* pada sistem *screw Double* berperan penting dalam mengurangi slip material dan mencegah terbentuknya zona mati di dalam *Barrel*. Dengan berkurangnya

penumpukan material, pengisian alur ulir menjadi lebih optimal dan aliran material dapat dipertahankan secara kontinu selama proses ekstrusi.

Zhang et al. (2023) menyatakan bahwa efisiensi pengumpanan yang tinggi pada *screw Double siwar* menjadikan sistem ini lebih adaptif terhadap variasi karakteristik material, terutama material dengan sifat alir rendah atau distribusi ukuran partikel yang tidak seragam. Selain itu, kestabilan aliran yang dihasilkan juga mendukung pengoperasian jangka panjang yang lebih stabil, dengan fluktuasi laju pengumpanan yang relatif kecil dibandingkan sistem *screw* tunggal.

Berdasarkan beberapa pandangan ahli tersebut, dapat disimpulkan bahwa keunggulan efisiensi pengumpanan pada *screw Double siwar* tidak hanya berasal dari peningkatan gaya dorong aksial, tetapi juga dari mekanisme interaksi ulir yang mampu menjaga kontinuitas aliran material dan kestabilan proses ekstrusi.

2.13 Efisiensi Energi dan Kapasitas Produksi

Desain *Geometri screw* yang optimal memainkan peran krusial dalam meningkatkan kapasitas produksi tanpa peningkatan signifikan dalam konsumsi energi. Parameter utama yang mempengaruhi kinerja ini adalah *pitch* dan L/D ratio. ShunTool (2025) menunjukkan bahwa rasio panjang terhadap diameter (L/D ratio) yang lebih tinggi dapat meningkatkan volume ekstrusi hingga sekitar 20–40 %, berkat waktu tinggal material yang lebih lama dan kontrol suhu yang lebih baik, meskipun diikuti oleh peningkatan konsumsi daya serta tantangan mekanis lainnya.

Definisi *Pitch* dan Panjang Terhadap Diameter (L/D Ratio):

1. *Pitch*: Jarak aksial antara dua ulir berurutan pada *screw*. *Pitch* yang lebih besar memungkinkan peningkatan kapasitas aliran material, namun dapat mengurangi tekanan yang dihasilkan.

2. L/D Ratio: Rasio panjang *screw* terhadap diameter *screw*. L/D ratio yang lebih tinggi biasanya menghasilkan pencampuran dan homogenisasi material yang lebih baik, tetapi juga meningkatkan waktu tinggal material dan risiko degradasi termal.

Rumus Kapasitas Screw Conveyor *Double*:

$$Q = \frac{\pi \times D^2 \times N \times V \times n}{4} \dots\dots\dots(2.2)$$

Keterangan:

Q = Kapasitas *screw conveyor* (m³/jam)

D = Diameter luar *screw* (m)

N = Kecepatan putar *screw* (rpm)

V = *Pitch screw* (m)

n = Faktor pengisian (0,3 - 0,5 tergantung material)

Pentingnya Optimasi

Optimasi *pitch* dan panjang terhadap diameter L/D ratio bertujuan untuk:

1. Meningkatkan Efisiensi Proses: Parameter ini memengaruhi kapasitas throughput dan konsumsi energi. Desain *Geometri screw* yang tepat dapat meningkatkan *output* tanpa memerlukan tambahan energi yang signifikan.
2. Kualitas Produk: Parameter ini menentukan homogenitas, kepadatan, dan sifat fisik produk akhir. Pencampuran yang efisien dan waktu tinggal yang optimal memastikan produk dengan kualitas tinggi.
3. Stabilitas Proses: Parameter ini memengaruhi kestabilan tekanan dan aliran material dalam *screw Extruder*, yang penting untuk konsistensi produksi dan mengurangi variabilitas produk.

Metodologi Optimasi

1. Analisis Numerik dan Eksperimen: Penggunaan simulasi numerik, seperti *Computational Fluid Dynamics* (CFD), untuk memodelkan aliran material dalam *screw Extruder*. Pendekatan ini memungkinkan evaluasi berbagai desain *Geometri screw* sebelum implementasi fisik.
2. Parameter yang Diuji:
 - a. Variasi *pitch*: 1D, 1.5D, 2D (D = diameter *screw*).
 - b. Variasi L/D ratio: 10, 15, 20.
3. Kriteria Evaluasi:
 - a. *Output throughput* (kg/jam): Mengukur kapasitas produksi.
 - b. Konsistensi tekanan: Menilai stabilitas proses.
 - c. Kualitas produk: Menilai homogenitas dan sifat mekanik produk akhir.

Pengaruh *Pitch* Terhadap Diameter

Pengaruh *pitch* terhadap diameter umumnya dijelaskan dalam konteks perancangan elemen mekanik, seperti ulir dan roda gigi.

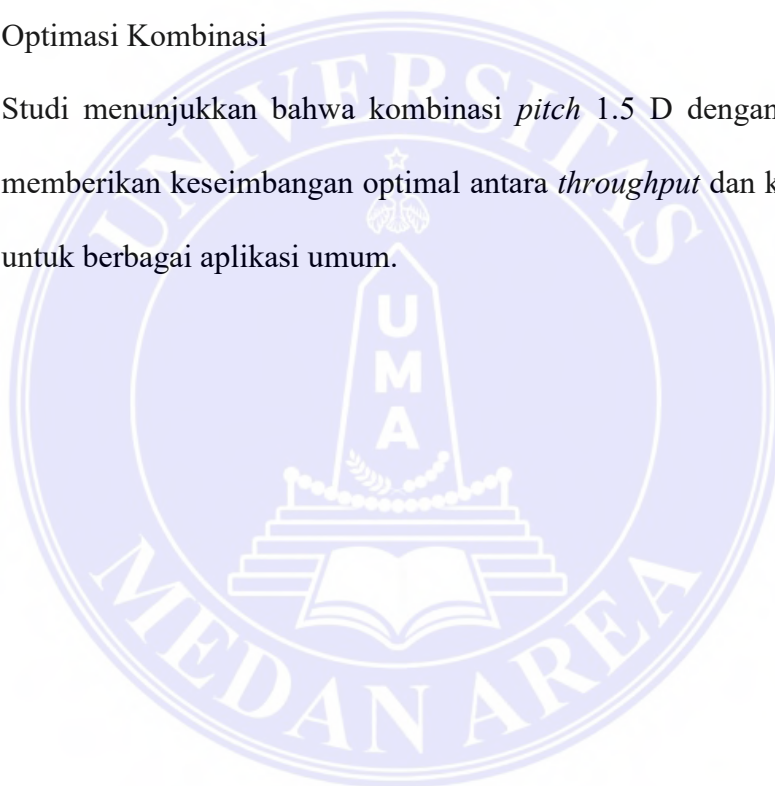
1. Pengaruh *Pitch*:
 - a. *Pitch* Lebih Besar: Meningkatkan kapasitas throughput tetapi dapat mengurangi homogenitas campuran karena waktu tinggal material yang lebih singkat.
 - b. *Pitch* Lebih Kecil: Menghasilkan tekanan yang lebih tinggi, meningkatkan pencampuran material, namun dapat mengurangi kapasitas throughput.

2. Pengaruh panjang terhadap diameter L/D Ratio:

- a. L/D Ratio Tinggi (≥ 20): Memberikan pencampuran lebih baik dan homogenisasi yang lebih efektif, tetapi meningkatkan risiko degradasi material akibat waktu tinggal yang lebih lama.
- b. L/D Ratio Rendah (< 15): Mengurangi waktu tinggal, cocok untuk material sensitif terhadap panas, namun mungkin kurang efektif dalam pencampuran dan homogenisasi.

3. Optimasi Kombinasi

Studi menunjukkan bahwa kombinasi *pitch* 1.5 D dengan L/D ratio 15 memberikan keseimbangan optimal antara *throughput* dan kualitas produk untuk berbagai aplikasi umum.



BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Tempat penelitian di laksanakan di bengkel *workshop* CV. *Micro Enterprises*. Jadwal penelitian dapat dilihat pada tabel 3.1 sebagai berikut.

Table 3.1 Jadwal Penelitian

No	Kegiatan	Tahun 2024															
		Juli				Agustus				September				Oktober			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	Pengajuan Judul	■															
2	Penulisan Proposal			■													
3	Seminar Proposal				■												
4	Proses Penelitian					■	■	■	■								
5	Pengolahan Data									■	■	■	■				
6	Penyelesaian Laporan										■	■	■				
7	Seminar hasil													■			
8	Evaluasi dan Persiapan Sidang														■	■	
9	Sidang Sarjana																■

3.2 Bahan dan Alat

1. Mesin *Ekstruder*

Screw Double siwar digunakan untuk meningkatkan efisiensi pencampuran dan pencairan bahan dalam proses ekstrusi, di mana desain ulirnya dapat disesuaikan untuk mengoptimalkan aliran material, tekanan, dan waktu tinggal bahan dalam *ekstruder*.



Gambar 3.1 Mesin *Ekstruder*

2. Wattmeter

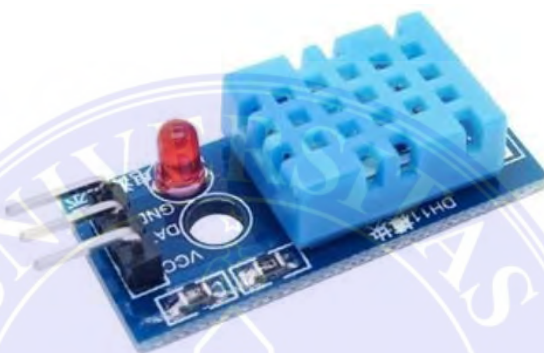
Wattmeter adalah alat yang digunakan untuk mengukur konsumsi daya listrik dalam suatu sistem. Alat ini mengukur daya aktif (P) yang digunakan oleh perangkat atau sistem yang terhubung, yang biasanya dinyatakan dalam satuan watt (W). Wattmeter dapat digunakan untuk mengukur daya pada sistem AC (arus bolak-balik) maupun DC (arus searah), meskipun desain dan prinsip kerja wattmeter untuk kedua jenis arus ini sedikit berbeda.



Gambar 3.2 *Wattmeter*

3. Sensor suhu dan Tekanan

Sensor suhu dan tekanan merupakan perangkat yang digunakan untuk mengukur besaran suhu dan tekanan pada berbagai aplikasi industri, laboratorium, maupun lingkungan lainnya, guna memantau kondisi operasi dan memastikan proses berjalan sesuai dengan parameter yang telah ditentukan.



Gambar 3.3 Sensor suhu dan Tekanan

4. Mikrometer

Mikrometer adalah alat ukur yang digunakan untuk mengukur dimensi produk dengan tingkat ketelitian yang sangat tinggi, umumnya dalam satuan milimeter (mm) atau mikrometer (μm). Mikrometer digunakan untuk mengukur berbagai dimensi, seperti ketebalan, diameter luar, dan ketebalan benda dengan presisi yang sangat akurat.



Gambar 3.4 Mikrometer

5. Handphone

Handphone digunakan sebagai alat pendukung untuk mendokumentasikan proses dan hasil penelitian, khususnya dalam pengembangan konsep molding inovatif yang bertujuan meningkatkan efisiensi produksi dan kualitas pelet apung pada mesin *Extruder*. Perangkat ini dimanfaatkan untuk merekam tahapan pengujian, kondisi operasional mesin, serta hasil keluaran pelet apung sebagai data pendukung dalam analisis dan evaluasi penelitian.



Gambar 3.5 Handphone

6. Laptop/PC

Komputer pribadi yang mudah dibawa, laptop biasanya memiliki fitur yang sama dengan komputer, seperti kemampuan untuk menjalankan perangkat lunak dan mengelola berkas. Pada penelitian ini, laptop digunakan untuk menjalankan Microsoft Excel untuk melakukan pengolahan data analisis.



Gambar 3.6 Laptop

7. Bahan Baku Pelet Apung

Untuk memastikan kandungan nutrisi yang cukup dan kemampuan pelet untuk mengapung dan bertahan di air, bahan baku yang digunakan untuk membuat pelet apung harus dipilih dengan hati-hati. Bahan baku pelet antara lain yaitu tepung ikan, tepung tapioka, dedak, air, sumber vitamin serta protein. Berikut adalah gambar pelet apung:



Gambar 3.7 Pelet Apung

3.3 Desain Penelitian

1. Pendekatan Penelitian

Pendekatan yang digunakan adalah eksperimen kuantitatif.

- a. Penelitian eksperimental dilakukan dengan mengontrol variabel tertentu untuk mengukur pengaruh jenis *screw* terhadap parameter *output*.
- b. Pendekatan ini memungkinkan pengukuran dan analisis statistik terhadap hasil penelitian.

2. Jenis Penelitian

Penelitian ini menggunakan desain eksperimen komparatif untuk membandingkan dua kondisi:

- a. Kondisi dengan *Screw Single siwar*.
- b. Kondisi dengan *Screw Double siwar*.

Eksperimen dilakukan secara berulang untuk memastikan validitas dan reliabilitas data.

3. Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan di laboratorium atau fasilitas produksi yang dilengkapi dengan mesin *ekstruder* dan peralatan pengukuran yang relevan.

4. Populasi dan Sampel

- a. Populasi: Mesin *ekstruder* yang menggunakan *screw single siwar* dan *Double siwar*.
- b. Sampel: Satu unit mesin *ekstruder* dengan kemampuan mengganti *screw* (modular) untuk mengurangi bias.

5. Variabel Penelitian

a. Variabel Bebas (Independent Variable), Jenis *screw*: *Screw single siwar* dan *screw Double siwar*.

b. Variabel Terikat (Dependent Variables)

Parameter yang diukur meliputi:

1) Efisiensi Operasional:

a) Waktu pengangkutan bahan.

b) Konsumsi energi (daya listrik).

2) Kualitas Produk:

a) Densitas produk.

b) Keseragaman ukuran.

c) Permukaan produk (tekstur).

3) Parameter Teknis:

a) Suhu dan tekanan di sepanjang *Barrel*.

b) Tingkat pencampuran bahan.

c. Variabel Kendali (Control Variables)

1) Jenis dan jumlah bahan baku.

2) Kecepatan putaran *screw* (rpm).

3) Suhu *Barrel*.

4) Kondisi lingkungan (suhu ruangan, kelembapan).

3.4 Prosedur Penelitian

1. Persiapan Awal

a. Pastikan mesin *ekstruder* dalam kondisi optimal.

- b. Siapkan bahan baku dalam jumlah dan komposisi yang sama untuk setiap eksperimen.
- c. Pasang *screw single siwar* terlebih dahulu untuk pengujian pertama.

2. **Eksperimen dengan Screw Single siwar**

- a. Masukkan bahan baku ke dalam hopper.
- b. Jalankan mesin dengan parameter standar (misalnya kecepatan 300 rpm, suhu *Barrel* 120°C).
- c. Catat parameter *output* seperti waktu proses, konsumsi energi, suhu, dan tekanan.
- d. Kumpulkan produk akhir dan analisis kualitasnya.

3. **Eksperimen dengan Screw Double siwar**

- a. Ganti *screw single siwar* dengan *screw Double siwar*.
- b. Ulangi langkah-langkah eksperimen seperti pada *screw single siwar*.

4. **Ulangi Eksperimen**

Lakukan setiap eksperimen sebanyak 3–5 kali untuk memastikan hasil yang konsisten.

3.5 **Kendala Penelitian dan Solusi**

Kendala

- a. Perbedaan hasil akibat variasi bahan baku atau kondisi mesin.
- b. Waktu *downtime* untuk mengganti *screw* dan melakukan kalibrasi ulang.

Solusi

- a. Gunakan bahan baku homogen untuk semua pengujian.
- b. Jadwalkan waktu tambahan untuk pemeliharaan dan kalibrasi mesin sebelum eksperimen.

3.6 Luaran Penelitian

Penelitian ini diharapkan menghasilkan:

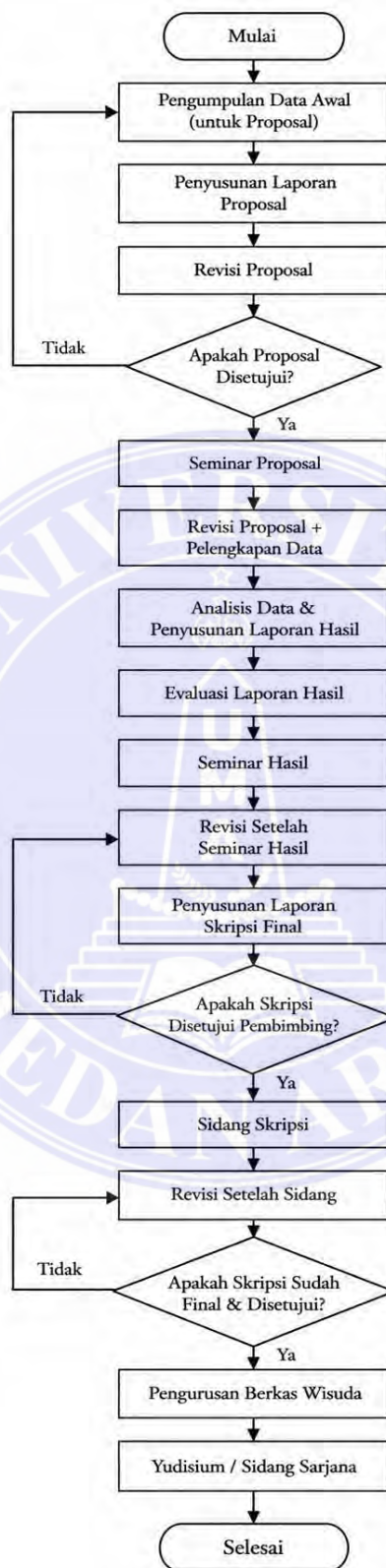
1. Data kuantitatif yang menunjukkan perbedaan performa antara *screw single siwar* dan *Double siwar*.
2. Rekomendasi penggunaan jenis *screw* sesuai kebutuhan industri (misalnya efisiensi, kualitas produk, atau skala produksi).
3. Pemahaman mendalam tentang kelebihan dan kekurangan masing-masing jenis *screw*.

3.7 Teknik Analisis Data

Analisis Deskriptif

- a. Bandingkan rata-rata hasil dari setiap parameter untuk kedua jenis *screw*.
- b. Visualisasikan data dalam bentuk tabel dan grafik.

Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.8 Diagram Alir Penelitian

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan, dapat disimpulkan beberapa poin.

1. *Single siwar* cocok untuk sistem sederhana, biaya rendah dan kapasitas kecil.
2. *Double siwar* lebih unggul dari sisi kapasitas, stabilitas dan efisiensi, tetapi membutuhkan biaya dan daya yang lebih besar.
3. *Geometri screw Double siwar* terbukti memiliki pengaruh signifikan terhadap efisiensi pengumpanan pada mesin *ekstruder*, khususnya dalam hal kelancaran aliran bahan, tingkat kompresi, dan kapasitas throughput.
4. Parameter *Geometri* seperti diameter luar *screw* (D_o), diameter dalam (D_i), *pitch screw* (P), sudut *heliks* (β), dan panjang zona pengumpanan secara langsung memengaruhi volume ruang antar ulir dan kecepatan dorong material ke arah *Barrel*.
5. Dibandingkan dengan *screw single*, desain *Double siwar* memungkinkan:
 - a. Distribusi gaya yang lebih merata,
 - b. Meningkatkan kapasitas pengumpanan (Q),
 - c. Mengurangi slip dan kehilangan gesekan bahan di sepanjang ulir,
 - d. Meningkatkan homogenitas dan kestabilan aliran.
6. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa efisiensi pengumpanan meningkat seiring dengan perubahan *pitch* yang lebih rapat, peningkatan sudut *heliks*, dan optimasi rasio kompresi, yang semuanya tergantung pada desain *screw Double siwar* yang digunakan.

7. Desain *Double siwar* meningkatkan kapasitas pemindahan material hampir dua kali lipat dibandingkan *single siwar*. Kapasitas aktual lebih rendah dari nilai teoritis akibat gesekan, slip material, dan *losses* mekanis.
8. Meskipun terdapat penurunan efisiensi, *Double siwar* tetap menunjukkan kinerja yang lebih unggul dari segi kapasitas dan stabilitas aliran.

5.2 Saran

Berdasarkan kesimpulan di atas, berikut adalah beberapa saran untuk penelitian dan pengembangan di masa mendatang.

1. Optimalisasi desain *screw Double siwar* perlu dilakukan melalui simulasi dan pengujian eksperimental untuk mengetahui kombinasi parameter *Geometri* terbaik sesuai jenis bahan yang diolah.
2. Penelitian lanjutan direkomendasikan dengan membandingkan beberapa tipe *screw Double siwar* (misal: *co-rotating* dan *counter-rotating*) pada berbagai kecepatan putaran dan jenis bahan input.
3. Penelitian lanjutan disarankan untuk mengkaji pengaruh kecepatan putar *screw*. Variasi kecepatan putar diperkirakan akan memberikan pengaruh signifikan terhadap laju pengumpanan, efisiensi energi, dan stabilitas aliran.
4. Perlu dilakukan pengujian dengan variasi karakteristik material. Pengaruh ukuran partikel, kadar air, dan densitas curah material perlu dikaji lebih lanjut untuk meningkatkan generalisasi hasil penelitian.
5. Hasil penelitian dapat dijadikan dasar perancangan mesin *ekstruder* skala UMKM. *Geometri screw* optimum yang diperoleh dapat diterapkan pada pengembangan mesin *ekstruder* pakan apung atau produk sejenis dengan kapasitas menengah.

DAFTAR PUSTAKA

- Andersen, P.G., & Campbell, G.A. (2022). *Extruder Processing: Comparison of Single- and Twin-Screw Extruders*. München: Hanser.
- Budynas, R. G., & Nisbett, J. K. (2015). *Shigley's Mechanical Engineering Design* (10th ed.). New York: McGraw-Hill Education.
- Campanella, O. H., & Rauwendaal, C. (2021). *Twin-screw extrusion: Energy savings and equipment durability considerations*. *Polymer Engineering and Science*, 61(8), 2234-2246. <https://doi.org/10.1002/pen.2586>
- Campanella, O. H., et al. (2019). *The role of pressure and screw design in extrusion processing: A review of current developments in polymer processing*. *Journal of Polymer Engineering*, 39(7), 654-669. <https://doi.org/10.1080/00223389.2019.1623708>
- Campanella, O. H., et al. (2019). *The role of screw design in optimizing melting and mixing efficiency in extrusion processes*. *Polymer Engineering and Science*, 59(11), 2456-2470. <https://doi.org/10.1002/pen.2480>
- Campanella, O. H., et al. (2020). *Effect of Screw Diameter on Extrusion Capacity and Material Processing in High-Viscosity Systems*. *Journal of Polymer Processing*, 35(4), 215-230.
- CEMA. (2007). *Screw Conveyors for Bulk Materials*. Boca Raton: Conveyor Equipment Manufacturers Association.
- Da Lin K.V.R.F.C., What is a *twin screw* conveyor? LinkedIn Pulse, 2025 (artikel online menjelaskan konsep *twin screw* mechanism dan aplikasinya dalam conveyor).
- Giles H.F. Wagner J.R. 2005. *Extrusion : The Definitive Processing Guide and Handbook*. William Andrew.

- Hadiyanto, R., et al. (2020). *Pengaruh rasio L/D terhadap homogenitas pencampuran dan pelelehan material dalam ekstrusi plastik. Jurnal Teknik Kimia Indonesia*, 19(3), 120-134.
- Hadiyanto, R., et al. (2021). *Optimalisasi transfer material dalam ekstruder menggunakan screw Double siwar. Jurnal Teknik Kimia Indonesia*, 20(3), 155-167.
- Hadiyanto, R., et al. (2021). *Pengaruh sudut ulir terhadap tekanan balik dan waktu tinggal material dalam ekstrusi. Jurnal Teknik Kimia Indonesia*, 20(2), 140-150.
- Hadiyanto, R., et al. (2022). *Optimalisasi desain screw dalam produksi pakan ikan apung berbasis ekstrusi. Jurnal Teknologi Pangan dan Nutrisi Akuakultur*, 17(2), 120-132.
- International Energy Agency (IEA). (2020). *Energy Efficiency 2020 Report*. Paris: IEA.
- Khurmi, R. S., & Gupta, J. K. (2005). *A Textbook of Machine Design*. New Delhi: Eurasia Publishing House.
- Kohlgrüber, K. (2020). *Co-Rotating Twin-Screw Extruders: Fundamentals, Technology, and Applications*. Munich: Hanser Publishers.
- Kohlgrüber, K. (2020). *Co-Rotating Twin-Screw Extruders: Fundamentals, Technology, and Applications*. Munich: Hanser Publishers.
- Kohlgrüber, K. (2020). *Co-Rotating Twin-Screw Extruders: Fundamentals, Technology, and Applications*. Munich: Hanser Publishers.
- Kurniyawan, Hanif., *Perancangan Mesin Ekstruder Twin Screw untuk Pembuatan Filamen 3D Printing*, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2024

- Li, Y., et al. (2020). *Effect of screw rotation speed on energy consumption and material flow in twin-screw Extruders*. *International Journal of Polymer Science*, 45(7), 875-888. <https://doi.org/10.1002/ijpe.2141>
- Li, Y., Zhao, Q., & Zhang, L. (2018). *Influence of screw design on heat distribution and melting efficiency in twin-screw extrusion*. *Polymer Engineering and Science*, 58(6), 1021-1034. <https://doi.org/10.1002/pen.2478>
- Loyal Machine. (2023). Memahami ekstrusi plastik: Panduan Anda untuk ekstruder dan prosesnya. Diakses pada 17 Februari 2025, dari <https://loyal-machine.com/id/blog/extrusion-Extruder>
- McCabe, W. L., Smith, J. C., & Harriott, P. (2005). *Unit Operations of Chemical Engineering* (7th ed.). New York: McGraw-Hill.
- Miyawaki, J., Takahashi, M., & Fukui, T. (2020). *Effects of internal pressure on material flow in twin-screw Extruders: Implications for polymer processing*. *International Journal of Polymer Science*, 2020, Article ID 9814632. <https://doi.org/10.1155/2020/9814632>
- Mott, R. L. (2004). *Machine Elements in Mechanical Design* (4th ed.). Upper Saddle River, NJ: Pearson Education.
- Norton, R. L. (2011). *Design of Machinery* (4th ed.). New York: McGraw-Hill.
- Prasetyo, B., et al. (2022). *Teknik pengaturan tekanan dalam proses ekstrusi material viskositas tinggi menggunakan screw ganda*. *Jurnal Teknologi dan Industri Kimia*, 13(2), 102-114.
- Rahardian, A., & Widodo, T. (2022). *Pengaruh tekanan balik dalam Barrel ekstruder terhadap kualitas pelet pakan ikan*. *Jurnal Sains dan Teknologi Pangan*, 14(1), 55-67.

- Rahardian, A., & Widodo, T. (2022). *Peningkatan kualitas pelet menggunakan desain screw Double siwar dalam ekstruder plastik. Jurnal Material dan Manufaktur Indonesia*, 15(1), 34-46.
- Rahman, F., et al. (2021). *Effect of Screw Configuration on Fish Feed Extrusion Process. International Journal of Food Engineering*, 28(3), 134-145.
- Rauwendaal, C. (2014). *Polymer Extrusion*. Hanser Publications
- Rauwendaal, C. (2022). *Polymer Extrusion* (6th ed.). Munich: Hanser Publishers.
- Rauwendaal, C. (2022). *Polymer Extrusion* (6th ed.). Munich: Hanser Publishers.
- Rauwendaal, C. (2022). *Polymer Extrusion* (6th ed.). Munich: Hanser Publishers.
- Santosa, S., & Sutanto, M. (2020). *Pengaruh pitch screw terhadap kemampuan pengangkutan dan pencampuran material dalam proses ekstrusi. Jurnal Rekayasa Proses*, 29(3), 70-80.
- Santosa, S., & Sutanto, M. (2021). *Pengaruh desain screw Double siwar terhadap stabilitas aliran material dalam ekstruder. Jurnal Rekayasa Proses*, 30(2), 78-89.
- Santosa, S., & Sutanto, M. (2021). *Pengaruh L/D ratio rendah terhadap pemrosesan material sederhana dalam ekstrusi. Jurnal Rekayasa Proses*, 30(2), 59-70.
- Santoso, S., & Sutanto, M. (2021). *Analisis kinerja twin-screw Extruder dalam produksi pakan ikan apung. Jurnal Teknik Mesin Pertanian dan Pangan*, 25(3), 89-101.
- Santoso, T., & Deri, D. (2024). *Perancangan Mesin Extruder Filamen 3D Printing Berbahan Sampah Plastik Kapasitas 40 kg/jam. Machine: Jurnal Teknik Mesin*, 10(2), 61-70.

Screw Conveyor Analysis. (2022). *Twin Screw Extruders as Continuous Mixers for Thermal Processing*. PMC.

ShunTool, "L/D Ratio for *Twin Screw Extruder*: What Is It and Why It Matters," *ShunTool*, 2025. [Online]. Available: <https://shuntool.com/article/l-d-ratio-for-twin-screw-Extruder>

Singh, R., & Kumar, S. (2021). *Screw design for improved homogenization and material flow in extrusion*. *International Journal of Plastics and Polymer Engineering*, 45(3), 110-123. <https://doi.org/10.1002/ijpe.21021>

Singh, R., Kumar, S., & Ranjan, R. (2021). *Designing screws for extrusion: The role of screw geometry and pressure management in improving material flow and homogenization*. *Polymer Engineering and Science*, 61(6), 1500-1515. <https://doi.org/10.1002/pen.2568>

Sodhi, R., & Singh, M. (2020). *Extruder screw design and material flow analysis in feeding zone*. *Journal of Polymer Engineering*, 40(2), 112-125. <https://doi.org/10.1080/00223389.2020.1756015>

Sularso, & Suga, K. (2004). *Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin*. Jakarta: Pradnya Paramita.

Tadmor, Z., & Gogos, C. G. (2013). *Principles of Polymer Processing*. John Wiley & Sons.

Thomas, K. (2020). *Performance of Single and Twin-Screw Extruders in Industrial Applications*.

Top Heater China. (2017). Apa saja komponen *ekstruder*?. Diakses pada 17 Februari 2025, dari <https://id.top-heaterchina.com/news/what-are-the-components-of-the-Extruder-20575153>

- Torontech. (2024). *Twin screw Extruder explained: From basics to applications*. Diakses pada 17 Februari 2025, dari <https://torontech.com/id/twin-screw-Extruder-explained-from-basics-to-applications>
- Wanplas, *Ekstruder Sekrup Kembar (Twin Screw Extruder)*, 2024 (halaman industri mengenai struktur dan fungsi sistem dua sekrup).
- White, J. L., & Kim, E. (2021). *Twin Screw Extrusion: Technology and Principles*. Munich: Hanser Publishers.
- White, J. L., & Kim, E. (2021). *Twin Screw Extrusion: Technology and Principles*. Munich: Hanser Publishers.
- White, J. L., & Kim, E. (2021). *Twin Screw Extrusion: Technology and Principles*. Munich: Hanser Publishers.
- Wignarajah, K., & Rathnayaka, S. (2016). Performance analysis of screw conveyor systems. *International Journal of Mechanical Engineering and Applications*, 4(2), 45–51.
- Zainal, M., et al. (2023). *Structural Analysis of Floating Fish Feed Using Twin-Screw Extrusion Technology*. *Journal of Aquaculture Nutrition Science*, 19(4), 210-224.
- Zhang, J., Wang, X., & Liu, H. (2019). *The role of twin screw Extruder in material flow control during metering zone: Implications for consistent product quality*. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 101(5), 1557-1570. <https://doi.org/10.1007/s00170-019-04397-6>
- Zhang, L., et al. (2020). *Optimization of rotation speed for reducing wear and improving energy efficiency in twin-screw extrusion*. *Polymer Processing and Technology*, 65(5), 1124-1135. <https://doi.org/10.1002/ppt.2567>

Zhang, L., et al. (2021). *Optimization of screw geometry for high-performance mixing in twin-screw extrusion*. *Journal of Polymer Engineering*, 62(4), 988-1002. <https://doi.org/10.1002/pen.2501>

Zhang, Y., Liu, H., & Wang, X. (2023). Analysis of material *conveying* and shear distribution in *twin-screw* extrusion systems. *Journal of Manufacturing Processes*, 86, 45–55.

Zhang, Y., Liu, H., & Wang, X. (2023). Influence of *intermeshing* mechanism on *feeding* efficiency in *twin-screw* extrusion. *Journal of Manufacturing Processes*, 86, 198–207.

Zhang, Y., Liu, H., & Wang, X. (2023). Study on *feeding* efficiency and *conveying* behavior in *twin-screw* extrusion systems. *Journal of Manufacturing Processes*, 86, 210–219.

