

***Reverse engineering* desain mesin pengupas kuaci
biji matahari otomatis *portable* fokus pada proses
pemisahan**

***Reverse engineering design of portable automatic sunflower seed
peeling machine focusing on the separation process***

SKRIPSI

Oleh:

**Nama: Fadly Firmansyah Azis
NPM: 223030014**



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS PASUNDAN
BANDUNG
2026**

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini,

N a m a : Fadly Firmansyah Azis

Nomor Pokok Mahasiswa : 223030014

Program Studi : Teknik Mesin FT UNPAS

Dengan ini menyatakan bahwa:

1. Dalam Skripsi yang saya kerjakan ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan/ditulis oleh orang lain untuk memperoleh gelar dari suatu perguruan tinggi,
2. Sepanjang pengetahuan saya, tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis dan diterbitkan oleh orang lain kecuali yang secara tertulis diacu/dikutip/disitasi dalam naskah ini dan disebutkan dalam referensi,
3. Naskah laporan skripsi yang ditulis bukan dilakukan secara *copy paste* dari karya orang lain dan mengganti beberapa kata yang tidak perlu.
4. Naskah laporan skripsi bukan hasil plagiarisme.

Apabila dikemudian hari terbukti bahwa pernyataan ini tidak benar maka saya sanggup menerima hukuman/sanksi apapun sesuai peraturan yang berlaku.

Bandung, 12 Juni 2026

Penulis,



Fadly Firmansyah Azis

SURAT PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Yang bertanda tangan di bawah ini, sebagai sivitas akademik Universitas Pasundan, saya:

N a m a : Fadly Firmansyah Azis

NPM : 223030014

Program Studi : Teknik Mesin FT UNPAS

Jenis Karya : Skripsi

Menyatakan bahwa sebagai pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, saya menyetujui memberikan kepada Universitas Pasundan Hak Bebas Royalti Noneksklusif atas karya ilmiah saya yang berjudul:

“Reverse engineering desain mesin pengupas kuaci biji matahari otomatis portable fokus pada proses pemisahan”.

Beserta perangkat yang ada (jika ada). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Pasundan berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pakalan data (database), merawat, dan mempublikasikan skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Bandung, 12 Juni 2026

Yang menyatakan,



Fadly Firmansyah Azis

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

Reverse engineering desain mesin pengupas kuaci biji matahari
otomatis *portable* fokus pada proses pemisahan



Nama: Fadly Firmansyah Azis
NPM: 223030014

Pembimbing Utama

Dr. Ir. Ade Bagdja, MME

Pembimbing Pendamping

Dr. Ir. Sugiharto, M.T.

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

Reverse engineering desain mesin pengupas kuaci biji matahari otomatis *portable* fokus pada proses pemisahan



Nama: Fadly Firmansyah Azis
NPM: 223030014

Tanggal sidang skripsi: 29 Juni 2026

Ketua : Dr. Ir. Ade Bagdja, MME.

Sekretaris : Dr. Ir. Sugiharto, M.T.

Anggota : Dr. Ir. H. Rachmad Hartono, M.T.

Anggota : Dr. Ir. Endang Achdi, M.T.

KATA PENGANTAR

Puji syukur ke hadirat Allah Subhanahu wa Ta'ala, Tuhan Yang Maha Esa, atas limpahan rahmat, karunia, dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul.

“Reverse engineering desain mesin pengupas kuaci biji matahari otomatis portable fokus pada proses pemisahan”.

Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan program sarjana di Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Mesin Universitas Pasundan.

Proses penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari berbagai tantangan, baik dalam pengumpulan data, penyusunan teori, maupun analisis hasil penelitian. Namun, berkat doa, dukungan, serta bimbingan dari berbagai pihak, karya ini akhirnya dapat terselesaikan dengan baik. Oleh karena itu, penulis dengan tulus menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya.

Ucapan terima kasih pertama penulis sampaikan kepada kedua orang tua tercinta, Ayah dan Ibu, atas doa, kasih sayang, dukungan moral maupun material, serta pengorbanan yang tiada henti. Segala jerih payah dan doa yang diberikan menjadi sumber motivasi terbesar dalam penyelesaian studi ini.

Penghargaan setinggi-tingginya juga penulis sampaikan kepada Bapak Dr. Ir. Ade Bagdja, MME selaku dosen pembimbing satu, yang dengan penuh kesabaran telah memberikan arahan, bimbingan, dan masukan yang sangat berarti. Berkat perhatian dan ketelitian beliau, skripsi ini dapat terselesaikan sesuai dengan kaidah akademik yang berlaku. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada Ketua Program Studi sekaligus pembimbing kedua, Bapak Dr. Ir. Sugiharto, M.T, seluruh dosen, serta staf administrasi Fakultas Teknik Universitas Pasundan, yang telah membekali penulis dengan ilmu, pengalaman, dan layanan terbaik selama menempuh pendidikan.

Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada rekan-rekan mahasiswa Teknik Mesin Angkatan 2022, khususnya Alem Savero, Azrin Karim, Riza Aditya Oktavian, Marsadhiyan Fadhillah, Ramdan Sidiq. Mereka selalu berjuang bersama penulis selama masa perkuliahan, begitu juga ketika penulis mengalami fraktur pada tulang kaki yang menyulitkan untuk berjalan, mereka selalu menemani ketika sedang kelas mata kuliah, dengan itu memberikan kesan yang sangat berarti bagi penulis semasa perkuliahan 4 tahun ini.

Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada rekan-rekan mahasiswa antar Program Studi terutama, Pinasti Giwangkara, Safana Gustiani Putri Nur Aulia, selalu memberikan dukungan terhadap penulisan laporan skripsi ini. Memberi peran penting kepada penulis semasa perkuliahan selama 4 tahun ini, walaupun ada suka dan sedih yang selalu menyelimuti pertemanan kita semua.

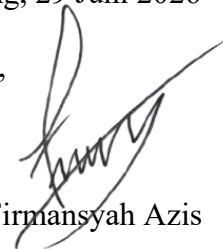
Penulis menyadari bahwa laporan skripsi ini masih memiliki keterbatasan, baik dari segi analisis maupun ruang lingkup bahasan. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi penyempurnaan penelitian ini pada tahap selanjutnya.

Akhir kata, penulis berharap semoga Laporan Skripsi ini dapat diterima dan memberikan manfaat, baik bagi pengembangan ilmu pengetahuan di bidang teknik mesin maupun penerapan teknologi energi terbarukan di masa depan.

Bandung, 29 Juni 2026

Penulis,

Fadly Firmansyah Azis



DAFTAR ISI

SURAT PERNYATAAN	I
SURAT PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	II
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING	III
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI.....	IV
KATA PENGANTAR.....	V
DAFTAR ISI.....	VII
DAFTAR GAMBAR.....	XI
DAFTAR TABEL	XIII
ABSTRAK	XIV
<i>ABSTRACT</i>.....	XV
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1. Latar belakang	1
2. Rumusan masalah	2
3. Tujuan.....	2
4. Manfaat.....	3
5. Lingkup masalah.....	3
6. Batasan masalah	4
7. Sistematika penulisan	5
BAB II STUDI LITERATUR	6
1. Dasar - dasar <i>reverse engineering</i>	6
2. Biji kuaci dan karakteristik hasil pengupasan.....	8
A. Struktur Kuaci Bunga Matahari	8
B. Sifat fisik kuaci yang mempengaruhi pemisahan.....	8

3.	Mesin pengupas kuaci	9
A.	Mesin pengupas kuaci skala kecil	9
B.	Mesin pengupas kuaci skala industri.....	10
4.	Material <i>food grade</i> untuk mesin pengupas kuaci	11
A.	<i>Stainless Steel</i> 304.....	11
B.	Akrilik	12
C.	<i>Polypropylene</i>	13
5.	Sistem pemisahan	14
A.	Prinsip pemisahan partikel berbasis aliran udara	14
B.	Sistem peniup pada mesin pengupas kuaci	15
C.	Kinerja Pemisahan	18
D.	Optimasi desain sistem peniup	18
E.	Target kinerja mesin.....	19
BAB III METODOLOGI		20
1.	Tempat Penelitian	22
2.	Objek yang <i>direverse engineering</i>	23
3.	Pengujian yang dilakukan pada sistem pemisahan	25
A.	Desain mekanisme mesin pengupas kuaci <i>portable</i> (sistem pemisahan)....	26
B.	Desain baling baling pemisahan.....	29
C.	Desain saluran pemisahan	29
D.	Parameter desain mekanisme pemisahan	30
4.	Peralatan ukur dan bahan yang digunakan	31
5.	Metode pengolahan data hasil pengukuran/pengujian.....	32
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		33
1.	Pengembangan konsep desain sistem pemisahan	33
A.	Desain pada baling-baling.....	34
B.	Desain pada kedudukan motor	35

C.	Desain pada saluran pemisahan.....	36
2.	Proses pemisahan pada desain sistem pemisahan.....	37
A.	Analisis mekanisme desain sistem pemisahan	37
3.	Pengaruh setiap kondisi kuaci	40
A.	Kuaci utuh	40
B.	Cangkang.....	41
C.	Inti biji.....	41
D.	Setengah terbuka	42
4.	Bentuk aliran udara pada sistem pemisahan	43
A.	Perhitungan bentuk aliran udara.....	43
B.	Analisa perhitungan bentuk aliran udara.....	45
5.	Perhitungan mekanisme pemisahan.....	46
A.	Data konfigurasi RPM Motor DC	46
B.	Hasil pengukuran kecepatan udara.....	46
C.	Hasil perhitungan <i>drag</i> (gaya seret/hambat)	47
D.	Grafik hubungan RPM vs F_d/W	49
6.	Pembahasan perhitungan mekanisme pemisahan.....	50
A.	Perubahan gaya	50
B.	Perbandingan inti biji dan cangkang kuaci.....	50
C.	Identifikasi zona pemisahan	50
D.	Analisis risiko kehilangan inti.....	51
E.	Implikasi terhadap desain sistem.....	51
7.	Perhitungan kapasitas pada pemisahan.....	51
A.	Analisis pengaruh putaran baling-baling terhadap hasil pemisahan	54
B.	Pembahasan hasil pemisahan	55
8.	Pengujian hasil pengupasan dan pemisahan	56
A.	Pengujian kapasitas pengupasan dan pemisahan.....	56

B. Analisis pembahasan hasil pengupasan dan pemisahan.....	58
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	60
1. Kesimpulan.....	60
2. Saran	61
DAFTAR PUSTAKA.....	62
LAMPIRAN.....	65
1. Foto-foto pengujian	65
2. Gambar teknik	65

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. <i>Reverse engineering workflow</i> [7]	7
Gambar 2. Bunga dan biji matahari [10].....	8
Gambar 3. Mesin pengupas kuaci skala kecil [11]	9
Gambar 4. Mesin pengupas kuaci skala kecil [12]	10
Gambar 5. Plat <i>stainless steel</i> 304 [14].....	12
Gambar 6. Plat akrilik [17]	12
Gambar 7. Biji <i>Polypropylene</i> [18].....	13
Gambar 8. Sketsa jenis-jenis aliran fluida [22].....	14
Gambar 9. Ilustrasi sistem peniup pada objek [27].....	16
Gambar 10. Diagram alir tahapan penelitian	20
Gambar 11. Lokasi Penelitian.....	22
Gambar 12. Sistem pemisah tampak samping	23
Gambar 13. Sistem <i>blower</i>	23
Gambar 14. Bagian pemisah cangkang dan biji kuaci	24
Gambar 15. Bagian pemisah cangkang dan biji kuaci konsep kedua [28].....	24
Gambar 16. Bagian dalam pemisah cangkang dan biji kuaci konsep kedua [28]	24
Gambar 17. Bagian dalam pemisah cangkang dan biji kuaci konsep ketiga [29].....	25
Gambar 18. Bagian dalam pemisah cangkang dan biji kuaci konsep ketiga [29].....	25
Gambar 19. Bagian dalam pemisah cangkang dan biji kuaci konsep keempat [30]	25
Gambar 20. Desain tampak isometri.....	27
Gambar 21. Desain tampak depan	27
Gambar 22. Desain tampak atas.....	28
Gambar 23. Desain tampak samping	28
Gambar 24. Desain <i>Explode</i>	28
Gambar 25. Desain baling-baling	29
Gambar 26. Desain saluran pemisahan	30
Gambar 27. Komponen desain mekanisme pemisahan.....	31
Gambar 28. Desain tampak isometri.....	33
Gambar 29. Gambar teknik baling-baling.....	35
Gambar 30. Gambar teknik kedudukan motor.....	35
Gambar 31. Gambar teknik saluran pemisahan	36
Gambar 32. Skema desain sistem pemisahan	38

Gambar 33. Kuaci utuh	40
Gambar 34. Cangkang	41
Gambar 35. Inti biji.....	42
Gambar 36. Setengah terbuka	42
Gambar 37. Grafik RPM vs F_d/W	49
Gambar 38. Hasil pengujian	65

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Parameter desain mekanisme pemisahan.....	31
Tabel 2. Peralatan.....	31
Tabel 3. Bahan	32
Tabel 4. Detail proses mekanisme pemisahan pada inti biji dan cangkang	39
Tabel 5. Hasil pengukuran	43
Tabel 6. Hasil perhitungan <i>Reynolds</i>	44
Tabel 7. Kriteria aliran udara	44
Tabel 8. Konfigurasi RPM.....	46
Tabel 9. Hasil pengukuran	47
Tabel 10. Perhitungan <i>drag</i> pada inti biji	48
Tabel 11. Perhitungan <i>drag</i> pada cangkang.....	48
Tabel 12. Hasil perhitungan pengujian kapasitas pada sistem pemisahan.....	53
Tabel 13. Hasil perhitungan pengujian kapasitas.....	57

ABSTRAK

Kuaci biji bunga matahari merupakan produk pangan yang banyak dikonsumsi masyarakat, namun proses pengupasan dan pemisahan antara inti biji dengan cangkang masih menjadi kendala karena membutuhkan waktu, ketelitian, serta berpotensi menurunkan kualitas hasil apabila dilakukan secara manual. Permasalahan tersebut mendorong perlunya pengembangan mesin pengupas kuaci yang mampu bekerja secara otomatis, portabel, dan memiliki sistem pemisahan yang efektif. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan *reverse engineering* desain mesin pengupas kuaci biji bunga matahari otomatis portable dengan fokus pada pengembangan dan analisis sistem pemisahan menggunakan aliran udara. Metode penelitian yang digunakan meliputi studi literatur, observasi visual terhadap mesin referensi, identifikasi sistem kerja dan komponen, pengembangan desain mekanisme pemisahan, perancangan model menggunakan perangkat lunak CAD, serta analisis parameter mekanisme yang meliputi putaran motor, aliran udara, gaya hambat (drag), dan kebutuhan daya. Sistem pemisahan dirancang menggunakan baling-baling berdiameter 80 mm yang digerakkan motor DC dan saluran pemisahan berdiameter 100 mm dengan panjang 250 mm. Pengujian dilakukan dengan beberapa variasi putaran motor untuk mengetahui karakteristik aliran udara yang dihasilkan dan pengaruhnya terhadap proses pemisahan cangkang dan inti biji kuaci. Hasil analisis menunjukkan bahwa peningkatan putaran motor menghasilkan peningkatan kecepatan aliran udara yang berdampak pada bertambahnya gaya drag yang bekerja pada partikel. Perbedaan massa, bentuk, dan luas permukaan antara cangkang dan inti biji menyebabkan keduanya memiliki respons yang berbeda terhadap aliran udara sehingga proses pemisahan dapat berlangsung. Desain sistem pemisahan yang dikembangkan mampu mendukung pemisahan cangkang dan inti biji secara lebih efektif serta sesuai untuk kebutuhan mesin pengupas kuaci portable skala UMKM. Penelitian ini menunjukkan bahwa metode *reverse engineering* dapat digunakan sebagai pendekatan yang efektif dalam pengembangan desain sistem pemisahan untuk meningkatkan kualitas hasil pengupasan kuaci.

Kata kunci: *Reverse engineering*, mesin pengupas kuaci, sistem pemisahan, aliran udara, gaya drag.

ABSTRACT

Sunflower seeds are widely consumed food products; however, the shelling and separation processes between kernels and shells remain challenging due to their time-consuming nature, the need for careful handling, and the potential reduction in product quality when performed manually. These challenges highlight the need for the development of an automatic and portable sunflower seed shelling machine equipped with an effective separation system. This study aims to conduct a reverse engineering analysis of an automatic portable sunflower seed shelling machine, focusing on the development and evaluation of an air-flow-based separation system. The research methodology consisted of literature review, visual observation of existing machines, identification of machine components and working mechanisms, development of the separation mechanism design, computer-aided design (CAD) modeling, and analysis of mechanical parameters including rotational speed, airflow characteristics, drag force, and power requirements. The separation system was designed using an 80 mm diameter impeller driven by a DC motor and a separation channel with a diameter of 100 mm and a length of 250 mm. Experimental testing was carried out under several motor speed variations to determine the resulting airflow characteristics and their influence on the separation process of sunflower seed kernels and shells. The analysis results indicate that increasing motor rotational speed leads to higher airflow velocity, resulting in greater drag forces acting on the particles. Differences in mass, shape, and surface area between shells and kernels cause distinct responses to the airflow, enabling the separation process to occur effectively. The developed separation system design demonstrated the capability to improve the separation performance of kernels and shells while maintaining suitability for portable shelling machines intended for small and medium-scale enterprises. The findings suggest that the reverse engineering approach can serve as an effective method for developing and optimizing separation system designs to enhance the overall performance and quality of sunflower seed shelling machines.

Keywords: *Reverse engineering, sunflower seed shelling machine, separation system, airflow, drag force.*

BAB I PENDAHULUAN

1. Latar belakang

Kuaci adalah produk pangan berbasis biji-bijian yang telah lama dikenal dan dikonsumsi secara luas oleh masyarakat. Jenis kuaci yang paling umum dijumpai adalah kuaci biji bunga matahari, kuaci biji semangka dan biji labu [1]. Namun, jenis kuaci yang paling banyak dikonsumsi adalah kuaci biji bunga matahari. Secara empiris, proses pengupasan kuaci bunga matahari biasanya dengan cara memanfaatkan tekanan gigi atau jari tangan untuk membuka lapisan inti biji. Namun, cara tersebut tidak praktis dan tidak efisien untuk para UMKM yang menjual inti biji kuaci matahari secara massal. Hal itu karena proses pengupasan cangkang kuaci secara manual yang memakan waktu, melelahkan pekerja dan berpotensi besar merusak inti biji kuaci.

Berdasarkan permasalahan tersebut, muncul gagasan untuk membuat mesin pengupas kuaci matahari otomatis untuk mendukung kebutuhan skala rumah tangga maupun UMKM. Mesin pengupas kuaci matahari yang dirancang bangun pada penelitian ini juga didesain secara portabel dan dapat dibongkar pasang agar memudahkan pelaku UMKM memindahkan mesin secara bebas. Penelitian ini menggunakan teori *reverse engineering* sebagai landasan konseptual. *Reverse engineering* dipahami sebagai proses sistematis untuk memahami, menganalisis, dan merekonstruksi suatu produk yang telah ada dengan tujuan memperoleh pemahaman mendalam mengenai fungsi, struktur, dan prinsip kerjanya [2]. Dalam konteks penelitian ini, indikator *reverse engineering* diwujudkan melalui beberapa tahapan konseptual, yaitu identifikasi fungsi utama dan fungsi pendukung mesin referensi, pembongkaran dan dokumentasi komponen, pengukuran dimensi aktual setiap komponen, pembuatan ulang model *CAD*, serta analisis perbandingan antara desain awal dan desain hasil modifikasi.

Pada penelitian ini proses produksi untuk skala rumah tangga menetapkan target produksi 1 liter per jam dengan berat bersih. secara teknis 1 liter adalah satuan volume, sehingga perlu dikonversi ke satuan massa agar dapat dihitung dalam perancangan mesin. Dengan asumsi massa jenis biji kuaci kupas berada pada kisaran 0,55–0,65 kg/L, maka 1 liter setara dengan 0,6 kg biji kuaci [3]. Oleh karena itu mesin minimal harus mampu mengolah 1 kg bahan baku per jam dengan tingkat kerusakan biji yang rendah dan efisiensi pengupasan yang memadai. Pada proses produksi dengan kapasitas 1 kg/jam biji kuaci yang diperoleh sekitar 16–17 gram per menit atau hanya 0,28 gram per detik.

Konsep *portable* pada mesin pengupas kuaci tidak hanya berukuran kecil, tapi juga mudah dipindahkan karena bobotnya ringan dan desainnya praktis. Mesin pengupas kuaci ini dirancang dengan konsumsi daya rendah, misalnya menggunakan motor listrik skala kecil. Rangka mesin pengupas kuaci dibuat tetap kokoh agar mesin stabil pada saat proses pengupasan. Selain itu, sistem transmisi dirancang efisien supaya proses pengupasan tetap maksimal meskipun menggunakan daya kecil, kemudahan dalam perawatan dan pembongkaran sehingga mesin mudah dibersihkan, diperbaiki dan dirawat. Secara konsep desain mekanisme pengupasan dan parameter operasional dapat mempengaruhi tingkat keberhasilan dalam pengupasan cangkang, sistem pemisahan mempengaruhi hasil dari kemurnian pengupasan, desain struktur *portable* mempengaruhi mobilitas dan efisiensi pengupasan, seluruh aspek tersebut dapat menentukan kinerja keseluruhan mesin dari segi efektivitas, efisiensi dan kemudahan operasional.

2. Rumusan masalah

Berdasarkan latar belakang di atas dan fokus penelitian pada proses pemisahan, maka rumusan masalah dapat disusun sebagai berikut:

- a. Bagaimana merancang spesifikasi komponen dan parameter operasional yang sesuai untuk skala UMKM?
- b. Bagaimana kinerja mesin yang dirancang ditinjau dari tingkat keberhasilan proses pemisahan antara cangkang dan inti biji?

3. Tujuan

Tujuan dari penelitian menggunakan metode *reverse engineering* desain mesin pengupas kuaci biji bunga matahari otomatis *portable* pada bagian proses pemisahan adalah sebagai berikut:

- a. Perancangan konsep dan mekanisme kerja mesin pengupas kuaci bunga matahari skala UMKM pada bagian sistem pemisahan.
- b. Melakukan perhitungan terhadap komponen utama (Baling-baling pemisahan, sistem transmisi, dan motor penggerak), menganalisis pengaruh parameter operasional terhadap efektivitas proses pemisahan.

4. Manfaat

Manfaat teoritis

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan ilmu perancangan mesin berbasis *reverse engineering*, khususnya pada sistem pemisahan material granular menggunakan aliran udara. Secara teoritis, penelitian ini membantu menjelaskan hubungan antara karakteristik fisik hasil pengupasan kuaci, seperti massa jenis, bentuk, dan ukuran partikel, terhadap efektivitas proses pemisahan biji dan cangkang menggunakan sistem peniup. Selain itu, penelitian ini dapat menjadi referensi dalam menentukan parameter operasional yang mempengaruhi kinerja pemisahan, seperti kecepatan aliran udara dan konfigurasi saluran pemisah, sehingga dapat mendukung pengembangan desain mesin pengupas yang lebih efisien dan terintegrasi antara mekanisme pengupasan dan pemisahan.

Manfaat praktis

Secara praktis, penelitian ini diharapkan mampu menghasilkan rekomendasi desain sistem peniup yang lebih optimal dalam meningkatkan kualitas pemisahan antara biji kuaci dan cangkangnya setelah proses pengupasan berlangsung. Dengan adanya sistem pemisahan yang lebih efektif, penggunaan mesin pengupas kuaci portabel diharapkan dapat mengurangi ketergantungan terhadap proses pemilahan manual yang membutuhkan waktu dan tenaga kerja tambahan. Selain itu, hasil penelitian ini dapat membantu meningkatkan efisiensi proses produksi, mengurangi kehilangan hasil akibat pemisahan yang kurang sempurna, serta meningkatkan tingkat kemurnian biji kuaci yang dihasilkan, sehingga mampu mendukung peningkatan produktivitas dan konsistensi kualitas produk pada skala usaha kecil dan menengah.

5. Lingkup masalah

Perumusan konsep dasar Mesin Pengupas Kuaci (MPK) dalam penelitian ini berfokus pada bagaimana merancang suatu sistem kerja mesin yang saling terintegrasi dari awal hingga akhir proses. Tahapan yang dimaksud dimulai dari proses pemasukan bahan baku berupa kuaci ke dalam mesin, kemudian dilanjutkan dengan proses pengupasan kulit menggunakan mekanisme tertentu, hingga tahap akhir berupa pemisahan antara inti biji dan cangkangnya. Rancangan konsep mesin ini ditujukan untuk penggunaan pada skala UMKM, sehingga aspek seperti kemudahan pemindahan alat (portabilitas), efisiensi kerja mesin, serta kemudahan dalam pengoperasian menjadi pertimbangan utama dalam proses perancangannya.

Penelitian ini juga mengkaji fungsi serta peran dari setiap komponen utama yang terdapat pada mesin. Beberapa bagian penting yang dianalisis meliputi *hopper* sebagai tempat masuknya bahan, mekanisme pengupas seperti *roller* atau rotor yang berfungsi untuk memecah cangkang, sistem pemisahan berupa *blower* atau ayakan untuk memisahkan biji dari kulitnya, rangka utama sebagai penopang struktur mesin, sistem transmisi beserta motor penggerak sebagai sumber tenaga, serta saluran keluaran untuk memisahkan hasil akhir antara biji dan limbah cangkang. Setiap komponen tersebut ditinjau berdasarkan kontribusinya dalam menunjang proses pengupasan agar berjalan secara optimal.

Penentuan spesifikasi teknis dari prototipe mesin yang dirancang. Parameter yang diperhatikan meliputi kapasitas produksi dalam satuan kilogram per jam, kebutuhan daya serta kecepatan putaran motor, ukuran dan bobot mesin yang disesuaikan dengan kategori *portable*, pemilihan material yang aman untuk kontak langsung dengan bahan pangan (*food grade*), serta tingkat konsumsi energi selama mesin beroperasi. Penentuan spesifikasi ini didasarkan pada kebutuhan operasional usaha kecil agar tetap efisien dan ekonomis.

Penelitian juga membahas mengenai prinsip kerja serta sistem operasi mesin secara menyeluruh. Proses kerja mesin dimulai dari pemasukan kuaci ke dalam *hopper*, kemudian dilanjutkan dengan proses pengupasan melalui mekanisme gesekan atau tekanan, hingga tahap pemisahan menggunakan aliran udara dari *blower* atau sistem penyaringan. Evaluasi dilakukan terhadap alur kerja mesin guna memastikan bahwa seluruh proses dapat berlangsung secara kontinu, aman digunakan, serta mampu meminimalkan tingkat kerusakan pada inti biji yang dihasilkan.

6. Batasan masalah

Laporan penulisan skripsi ini memerlukan lingkup penelitian agar laporan tersebut menjadi lebih fokus dan terarah. Beberapa batasan masalah yang akan dibahas yaitu:

- a. Mesin pengupas kuaci portabel yang optimal, efisien, dan aplikatif dapat memudahkan proses pengupasan biji bunga matahari pada industri rumah tangga atau UMKM.
- b. Pengembangan yang mencakup pada sebuah desain pemisahan (*blower*) atau sebuah komponen pemisah cangkang dengan biji kuaci, pemilihan terhadap material yang digunakan untuk mengikuti sebuah standar aman terhadap pangan (*food grade*), meningkatkan efektivitas pemisahan dan perubahan geometri pada mesin pengupas kuaci.

7. Sistematika penulisan

Sistematika penulisan bertujuan supaya lebih terarahnya penulisan serta untuk menghindari suatu pembahasan berulang dan mempermudah bagi pembaca dalam memahami sistematika penulisan proposal usulan penelitian terdiri atas 5 (lima) bab dan daftar Pustaka, yaitu

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini membahas tentang latar belakang, rumusan masalah, Batasan masalah, tujuan penelitian, dan manfaat penelitian

BAB II STUDI LITELATUR,

Pada bab ini penulis menjabarkan kajian pustakan dan landasan teori yang berkaitan dengan tema dari penelitian

BAB III METOLOGI

Pada bab ini Metodologi, Kegiatan yang dilakukan (Penelitian/ Perancangan/Pengujian, dsb).

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini membahas sebuah hasil dari sebuah penelitian yang telah dilakukan.

BAB V PENUTUP

Pada bab penutup menjelaskan sebuah kesimpulan, dan saran terhadap isi penelitian

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

BAB II STUDI LITERATUR

1. Dasar - dasar *reverse engineering*

Reverse engineering atau rekayasa mundur merupakan suatu proses dalam bidang manufaktur yang digunakan untuk membuat kembali suatu produk yang sudah ada, baik berupa komponen, sub-assembly, maupun produk utuh tanpa mengandalkan dokumen desain atau gambar teknik aslinya. Proses ini diawali dengan mengamati produk jadi untuk kemudian dianalisis struktur, fungsi, dan cara kerjanya agar dapat direplikasi. Berbeda dengan rekayasa maju (*forward engineering*) yang dimulai dari tahap perancangan hingga menghasilkan produk baru, *reverse engineering* justru berangkat dari produk yang telah tersedia dan bertujuan menghasilkan kembali produk serupa melalui proses penyalinan berdasarkan hasil analisis tersebut.[1] .

Reverse engineering (RE) merupakan proses menganalisis suatu produk dengan cara membongkar dan menelaah komponen yang sudah tersedia di pasaran untuk memahami bagaimana produk tersebut dirancang dan bekerja [2]. Melalui proses ini, RE tidak hanya bertujuan untuk mengetahui struktur dan fungsi produk, tetapi juga menjadi sarana pembelajaran praktis dalam memahami prinsip-prinsip perancangan dan pengembangan desain suatu produk.[3]. Hal terpenting pada metode *reverse engineering* (RE) adalah:

- a. *Reverse engineering* adalah suatu rangkaian produksi
- b. *Reverse engineering goals* untuk menghasilkan kembali suatu produk atau komponen dengan tingkat efisiensi yang baik, tetap menjaga kualitas hasil, serta menekan biaya produksi agar lebih ekonomis.
- c. *Reverse engineering* mengidentifikasi kelemahan sistem dalam berbagai hal.
- d. Dalam proses pembuatan produk melalui *reverse engineering*, penyusunan dokumen baru sangatlah penting. Dokumen tersebut berfungsi sebagai pendukung operasional peralatan sekaligus menjadi acuan dalam sistem pemeliharaan, sehingga alat dapat digunakan dan dirawat secara terstruktur serta berkelanjutan.

Adapun keuntungan dari *reverse engineering* (RE) adalah:

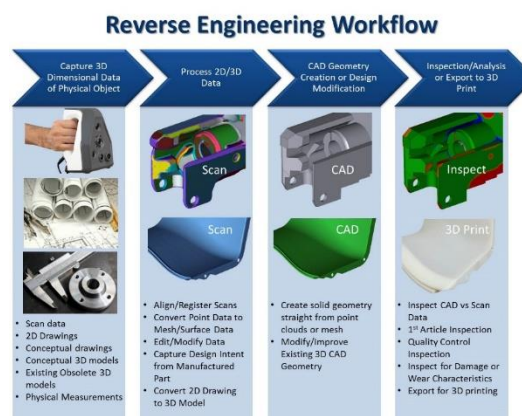
- a. *Reverse engineering* juga dapat diarahkan untuk memperbarui atau meningkatkan satu komponen tertentu dalam suatu sistem, tanpa harus mengubah keseluruhan sistem yang ada. Fokusnya bukan pada perombakan total, melainkan pada

penyempurnaan bagian tertentu agar kinerja sistem produksi menjadi lebih optimal.

- b. *Reverse engineering* dapat dipandang sebagai bagian dari fungsi pengendalian kualitas karena penerapannya sering mengacu pada prinsip Total Quality Management (TQM). TQM sendiri merupakan pendekatan manajemen yang menekankan perbaikan berkelanjutan melalui evaluasi dan analisis terhadap proses kerja. Dalam pelaksanaannya, *reverse engineering* juga dapat diselaraskan dengan standar jaminan mutu seperti ISO 9000 untuk memastikan proses dan hasil tetap terkontrol. Metode ini banyak diterapkan dalam sistem produksi, baik yang berkaitan dengan pengelolaan sumber daya manusia maupun proses manufaktur, karena mampu membantu meningkatkan efisiensi dan produktivitas secara menyeluruh[4]

Reverse engineering telah banyak diterapkan dalam berbagai bidang teknik maupun dalam aktivitas sehari-hari. Penggunaannya didasari oleh beberapa kondisi, seperti ketika produsen asli suatu produk sudah tidak beroperasi tetapi produk tersebut masih dibutuhkan oleh pengguna, dokumentasi desain asli hilang atau bahkan tidak pernah tersedia, serta kebutuhan untuk membuat ulang data guna memperbarui atau memproduksi komponen yang tidak memiliki data CAD atau datanya sudah tidak dapat digunakan. Selain itu, *reverse engineering* juga dimanfaatkan untuk menghilangkan kelemahan pada suatu produk, memperkuat keunggulan yang telah terbukti melalui penggunaan jangka panjang, serta mencari cara baru dalam meningkatkan kinerja dan fitur produk tersebut [5][6].

Tahap-tahap atau langkah kerja melakukan metode *reverse engineering* dapat dilihat pada gambar 1. sebagai berikut;



Gambar 1. *Reverse engineering workflow* [7]

2. Biji kuaci dan karakteristik hasil pengupasan

A. Struktur Kuaci Bunga Matahari

Kuaci adalah produk pangan berbasis biji-bijian yang umumnya berasal dari biji bunga matahari dan dapat dikonsumsi dalam kondisi masih berkulit maupun tanpa kulit. Pada proses pengupasan secara mekanis, biji kuaci mengalami gaya tekan dan gesekan yang menyebabkan cangkangnya retak sehingga inti biji dapat terlepas. Meskipun demikian, proses ini tidak secara langsung menghasilkan inti yang bersih, melainkan campuran partikel yang terdiri atas inti utuh, inti yang pecah, pecahan cangkang, serta partikel berukuran halus[8][9].

Campuran hasil pengupasan tersebut memiliki variasi ukuran dan massa jenis antara inti dan cangkang. Perbedaan karakteristik fisik ini menjadi aspek penting dalam tahap pemisahan lanjutan karena memengaruhi respons masing-masing partikel terhadap gaya eksternal, terutama gaya hambat udara pada sistem pemisahan yang memanfaatkan aliran udara.



Gambar 2. Bunga dan biji matahari [10]

B. Sifat fisik kuaci yang mempengaruhi pemisahan

Beberapa karakteristik fisik kuaci yang berperan penting dalam proses pemisahan menggunakan aliran udara meliputi massa jenis partikel, luas permukaan, bentuk geometris, koefisien hambatan udara, serta kecepatan terminal partikel. Parameter-parameter ini menentukan bagaimana masing-masing partikel merespons gaya aerodinamis yang diberikan oleh aliran udara di dalam sistem pemisahan.

Pada umumnya, sistem pemisahan berbasis blower dirancang dengan asumsi bahwa cangkang memiliki massa yang lebih ringan dibandingkan inti biji sehingga lebih mudah

terangkat dan terbawa oleh aliran udara. Namun, asumsi ini tidak selalu berlaku, terutama ketika inti biji mengalami pecah atau fragmentasi selama proses pengupasan. Kondisi tersebut dapat menyebabkan ukuran dan massa fragmen inti menjadi mendekati pecahan cangkang, sehingga karakteristik gerakanya di dalam aliran udara menjadi serupa dan berpotensi menurunkan efektivitas proses pemisahan biji

3. Mesin pengupas kuaci

Mesin pengupas kuaci pada dasarnya dapat diklasifikasikan ke dalam dua kategori utama berdasarkan kapasitas kerja dan tujuan penggunaannya. Pembagian ini umumnya didasarkan pada skala operasional mesin, yaitu mesin yang dirancang untuk kebutuhan produksi dalam jumlah kecil dan mesin yang dikembangkan untuk memenuhi kebutuhan produksi dalam kapasitas yang lebih besar. Perbedaan skala tersebut tidak hanya terletak pada jumlah output yang dihasilkan, tetapi juga mencakup aspek desain, kompleksitas sistem kerja, serta tingkat efisiensi proses pengupasan dan pemisahan yang diterapkan pada masing-masing mesin.

A. Mesin pengupas kuaci skala kecil



Gambar 3. Mesin pengupas kuaci skala kecil [11]

Mesin pengupas kuaci skala kecil dirancang untuk mendukung kegiatan produksi dalam jumlah terbatas dengan tingkat fleksibilitas penggunaan yang lebih tinggi. Peralatan ini banyak dimanfaatkan oleh pelaku usaha mikro, kecil, dan menengah karena memiliki dimensi yang relatif ringkas sehingga tidak membutuhkan ruang instalasi yang luas. Selain itu, bentuknya yang sederhana juga memungkinkan mesin untuk dipindahkan dengan mudah sesuai kebutuhan proses produksi di area kerja yang berbeda. Hal ini menjadikan

mesin skala kecil sebagai solusi yang praktis bagi industri rumahan maupun usaha rintisan yang memiliki keterbatasan kapasitas produksi.

Dari segi konstruksi, mesin ini umumnya disusun dari beberapa bagian utama seperti rangka penopang, ruang pengupasan, serta saluran keluaran untuk material hasil proses. Mekanisme kerjanya berfokus pada proses pemecahan kulit biji menggunakan sistem mekanis yang dirancang agar mampu memisahkan cangkang tanpa merusak inti biji secara berlebihan. Setelah proses pengupasan berlangsung, hasil material akan dialirkan menuju tahap pemisahan untuk memisahkan bagian inti dengan kulitnya sehingga diperoleh tingkat kebersihan produk yang cukup baik sebelum memasuki proses lanjutan.

Dalam pengoperasiannya, mesin pengupas kuaci skala kecil cenderung mudah digunakan karena tidak memerlukan pengaturan teknis yang kompleks. Proses perawatan pun relatif sederhana mengingat komponen penyusunnya tidak terlalu banyak maupun rumit. Selain itu, konsumsi daya listrik yang dibutuhkan juga lebih rendah dibandingkan mesin berkapasitas besar, sehingga biaya operasional dapat ditekan. Dengan karakteristik tersebut, mesin ini dinilai lebih ekonomis dan sesuai untuk kegiatan produksi bertahap yang dilakukan dalam skala kecil hingga menengah.

B. Mesin pengupas kuaci skala industri



Gambar 4. Mesin pengupas kuaci skala kecil [12]

Mesin pengupas kuaci skala industri dirancang untuk menunjang kegiatan produksi dalam jumlah besar dengan sistem kerja yang terintegrasi dan mampu beroperasi secara terus-menerus. Peralatan ini umumnya digunakan sebagai bagian dari rangkaian proses produksi yang lebih luas, di mana setiap tahapan pengolahan saling terhubung dalam satu alur kerja

yang sistematis. Dengan adanya integrasi tersebut, proses produksi dapat berlangsung secara lebih teratur dan efisien tanpa banyak hambatan antar tahapan kerja.

Dari sisi konstruksi, mesin pengupas kuaci skala industri dibuat dengan struktur yang lebih kuat dan stabil agar mampu menahan beban kerja tinggi dalam waktu operasional yang panjang. Proses pengupasan biasanya dilakukan melalui beberapa tahapan untuk memastikan hasil kupasan tetap konsisten serta mengurangi risiko kerusakan pada inti biji. Selain itu, sistem pengendalian yang diterapkan pada mesin industri cenderung lebih kompleks karena diperlukan untuk menjaga kestabilan kinerja mesin selama proses produksi berlangsung secara berkelanjutan.

Penerapan sistem otomatisasi pada mesin skala industri memiliki peran penting dalam meningkatkan efisiensi kerja serta mengurangi ketergantungan terhadap tenaga manusia. Dengan kapasitas produksi yang jauh lebih besar dibandingkan mesin skala kecil, mesin ini mampu memenuhi permintaan pasar dalam volume tinggi. Meskipun beroperasi dalam skala besar, kualitas hasil pengupasan tetap dapat dipertahankan sehingga standar mutu produk akhir tetap terjaga sesuai dengan kebutuhan industri pengolahan pangan.

4. Material *food grade* untuk mesin pengupas kuaci

Material yang digunakan dalam pembuatan mesin pengupas kuaci dirancang dengan mengacu pada standar *food grade* guna memastikan keamanan produk selama proses pengolahan berlangsung. Hal ini penting karena kuaci termasuk ke dalam kategori bahan pangan yang akan langsung dikonsumsi oleh masyarakat, sehingga kebersihan serta keamanan material yang bersentuhan dengan produk harus diperhatikan secara serius.

Penggunaan material berstandar *food grade* bertujuan untuk mencegah terjadinya kontaminasi yang dapat mempengaruhi kualitas maupun keamanan kuaci selama proses pengupasan dan pemisahan. Selain itu, pemilihan material yang sesuai juga berperan dalam menjaga kebersihan mesin, meminimalkan risiko korosi, serta memastikan bahwa tidak terjadi reaksi kimia antara komponen mesin dengan bahan pangan yang dapat berdampak pada kesehatan konsumen.

A. *Stainless Steel 304*

Penggunaan material stainless steel 304 pada mesin pengupas kuaci difokuskan pada bagian-bagian yang bersentuhan langsung dengan produk selama proses pengolahan berlangsung [13]. Pemilihan material ini didasarkan pada kemampuannya dalam menahan

korosi sehingga tetap aman digunakan dalam jangka waktu yang lama tanpa mengalami kerusakan akibat paparan lingkungan maupun sisa material pengolahan.



Gambar 5. Plat *stainless steel* 304 [14]

Selain itu, stainless steel 304 juga dikenal memiliki sifat yang stabil secara kimia, sehingga tidak mudah bereaksi dengan bahan pangan seperti kuaci. Hal ini sangat penting untuk menjaga kualitas produk agar tidak terkontaminasi oleh zat asing selama proses pengupasan dan pemisahan [15], sekaligus memastikan bahwa kuaci yang dihasilkan tetap aman untuk dikonsumsi oleh konsumen.

B. Akrilik

Material akrilik digunakan pada bagian corong serta saluran distribusi material dalam mesin pengupas kuaci dengan tujuan untuk mendukung kemudahan dalam proses pemantauan selama mesin beroperasi [16]. Sifat akrilik yang transparan memungkinkan operator untuk melihat secara langsung pergerakan material, baik inti biji maupun pecahan cangkang, saat melewati jalur distribusi menuju sistem pemisahan. Dengan demikian, aliran material di dalam mesin dapat diamati tanpa harus menghentikan proses kerja atau membongkar bagian tertentu dari mesin.



Gambar 6. Plat akrilik [17]

Selain berfungsi sebagai media pemantauan visual, penggunaan akrilik juga membantu dalam proses evaluasi terhadap kinerja sistem pemisahan yang diterapkan. Operator dapat dengan mudah mengidentifikasi apabila terjadi penumpukan material, aliran yang tidak merata, maupun gangguan lain yang berpotensi mempengaruhi efektivitas pemisahan. Hal ini menjadi penting terutama dalam proses pengujian dan optimasi, karena perubahan karakteristik aliran material dapat diamati secara langsung sehingga memudahkan dalam melakukan penyesuaian terhadap parameter operasional mesin secara lebih cepat dan tepat.

C. Polypropylene

Material *polypropylene* dimanfaatkan pada komponen kipas blower dalam mesin pengupas kuaci karena memiliki karakteristik bobot yang ringan sehingga tidak membebani kinerja motor penggerak selama proses operasional berlangsung. Selain itu, material ini juga dikenal memiliki ketahanan yang baik terhadap kondisi lembab yang umumnya muncul akibat interaksi dengan material hasil pengolahan. Sifat tersebut menjadikan *polypropylene* cukup sesuai untuk digunakan pada komponen yang berperan dalam menghasilkan aliran udara, karena mampu mempertahankan bentuk serta performanya tanpa mudah mengalami perubahan struktur akibat paparan lingkungan kerja di dalam mesin.



Gambar 7. Biji *Polypropylene* [18]

Anggapan bahwa seluruh material berbasis plastik aman digunakan dalam mesin pengolahan pangan perlu dikaji kembali secara lebih kritis. Tidak semua jenis polimer memiliki karakteristik yang sesuai dengan standar keamanan pangan atau *food grade* [19]. Beberapa jenis plastik tertentu berpotensi mengalami degradasi atau melepaskan zat kimia

apabila digunakan dalam kondisi operasional tertentu, seperti perubahan suhu atau gesekan mekanis. Oleh karena itu, pemilihan material plastik untuk komponen mesin yang berhubungan dengan produk pangan harus mempertimbangkan standar keamanan yang berlaku agar tidak menimbulkan risiko kontaminasi terhadap kuaci selama proses pengolahan berlangsung.

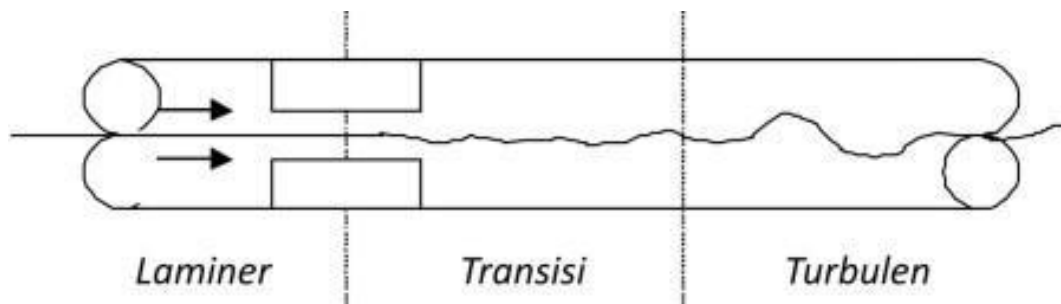
5. Sistem pemisahan

A. Prinsip pemisahan partikel berbasis aliran udara

Pemisahan partikel dengan memanfaatkan aliran udara merupakan metode yang didasarkan pada perbedaan karakteristik fisik partikel dalam merespons gaya aerodinamis. Saat campuran partikel dialirkan melalui suatu medan aliran udara, masing-masing partikel akan mengalami gaya hambat yang besarnya dipengaruhi oleh ukuran, bentuk, dan massa jenisnya. begitu juga pada *flow straightener* dipergunakan untuk mengurangi turbulensi angin di dalam terowongan sehingga distribusi kecepatan angin yang datang pada model turbin angin menjadi lebih seragam.[20]

Partikel yang memiliki massa jenis lebih rendah serta luas permukaan yang relatif lebih besar, seperti cangkang kuaci, cenderung lebih mudah terbawa oleh aliran udara dibandingkan inti biji yang bermassa lebih besar. Perbedaan perilaku lintasan gerak ini menjadi prinsip dasar dalam proses pemisahan antara inti dan cangkang pada sistem peniup.

Tingkat keberhasilan proses pemisahan sangat ditentukan oleh karakteristik aliran udara yang dihasilkan, terutama kecepatan dan debit udara yang digunakan dalam sistem, berikut adalah jenis-jenis aliran udara [21]:



Gambar 8. Sketsa jenis-jenis aliran fluida [22]

- a. Laminer; Aliran laminer merupakan jenis aliran fluida yang bergerak secara teratur dalam bentuk lapisan-lapisan sejajar, di mana setiap

lapisan mengalir dengan halus tanpa terjadi pencampuran antar lapisan. Aliran ini umumnya terjadi ketika nilai bilangan Reynolds berada di bawah 2000 [23].

- b. Transisi; Aliran transisi adalah kondisi aliran fluida yang berada di antara aliran laminar dan aliran turbulen. Pada tahap ini, sifat aliran mulai berubah dari teratur menjadi tidak stabil. Aliran turbulen sendiri umumnya terjadi ketika nilai bilangan Reynolds berada pada kisaran 2000 hingga 4000 [24].
- c. Turbulen; Aliran turbulen merupakan jenis aliran fluida yang ditandai dengan pergerakan partikel yang tidak teratur akibat adanya pencampuran dan pusaran antar lapisan fluida. Kondisi ini menyebabkan terjadinya pertukaran momentum yang signifikan dari satu bagian fluida ke bagian lainnya. Aliran turbulen umumnya terjadi ketika nilai bilangan Reynolds lebih besar dari 4000 [25].

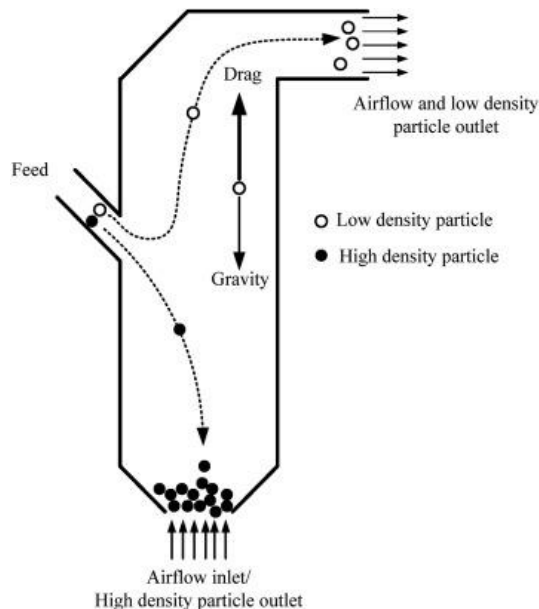
B. Sistem peniup pada mesin pengupas kuaci

Sistem peniup merupakan salah satu komponen utama yang berperan dalam menghasilkan aliran udara pada proses pemisahan antara inti biji dan cangkang hasil pengupasan. Pada mesin pengupas kuaci, sistem ini umumnya tersusun atas kipas atau blower yang terintegrasi dengan saluran pemisah sebagai media untuk mengalirkan udara [26]. Aliran udara yang dihasilkan selanjutnya dimanfaatkan untuk memisahkan partikel campuran berdasarkan perbedaan karakteristik fisiknya, sehingga inti biji dapat dipisahkan dari cangkang secara lebih efektif.

Besarnya kecepatan aliran udara yang dihasilkan oleh kipas sangat menentukan kemampuan sistem dalam melakukan proses pemisahan partikel. Aliran udara dengan kecepatan tertentu akan memberikan gaya hambat yang berbeda terhadap masing-masing partikel, bergantung pada ukuran, bentuk, serta massa jenisnya. Partikel yang memiliki massa lebih ringan dan luas permukaan relatif besar, seperti cangkang, cenderung lebih mudah terbawa oleh aliran udara, sedangkan inti biji yang memiliki massa lebih besar akan memiliki lintasan gerak yang berbeda. Perbedaan respons terhadap aliran udara inilah yang menjadi dasar dalam mekanisme pemisahan menggunakan sistem peniup.

Selain faktor kecepatan aliran udara, desain geometri saluran pemisah juga memiliki pengaruh yang signifikan terhadap efektivitas proses pemisahan. Bentuk dan dimensi saluran akan memengaruhi arah aliran udara serta lintasan jatuh partikel selama proses

berlangsung. Sudut hembusan udara yang dihasilkan serta kapasitas aliran yang mengalir dalam sistem menjadi parameter penting yang perlu diperhatikan dalam perancangan. Pengaturan parameter tersebut secara tepat diharapkan mampu meningkatkan kinerja sistem pemisahan, sehingga diperoleh hasil pemisahan antara inti dan cangkang yang lebih optimal.



Gambar 9. Ilustrasi sistem peniup pada objek [27]

A. Parameter pemisahan partikel

Proses pemisahan partikel pada sistem peniup dipengaruhi oleh sejumlah parameter utama yang berkaitan dengan interaksi antara partikel hasil pengupasan dan aliran udara yang dihasilkan di dalam sistem. Parameter-parameter tersebut mencakup besarnya gaya hambat udara yang bekerja pada masing-masing partikel, perbedaan lintasan jatuh antara inti biji dan cangkang, serta lamanya waktu partikel berada di dalam medan aliran udara atau yang sering disebut sebagai waktu tinggal partikel. Ketiga aspek ini memiliki peran penting dalam menentukan bagaimana partikel akan bergerak dan terpisah selama proses pemisahan berlangsung.

Ketika campuran hasil pengupasan yang terdiri atas inti biji, cangkang, dan partikel halus dialirkan ke dalam saluran pemisah, setiap partikel akan mengalami dua gaya utama, yaitu gaya gravitasi yang menarik partikel ke bawah dan gaya hambat udara yang cenderung menahan atau bahkan mengangkat partikel mengikuti arah aliran udara. Besarnya gaya hambat yang dialami oleh partikel tidak sama, karena dipengaruhi oleh karakteristik fisik masing-masing partikel seperti ukuran, bentuk, dan massa jenis.

Cangkang kuaci yang umumnya memiliki massa jenis lebih rendah dan luas permukaan relatif lebih besar akan lebih mudah dipengaruhi oleh aliran udara dibandingkan inti biji yang memiliki massa lebih besar dan bentuk yang lebih kompak.

Kondisi aliran udara yang diterapkan dalam sistem harus dikendalikan secara tepat. Apabila gaya hambat udara yang bekerja pada inti biji terlalu besar akibat kecepatan aliran udara yang berlebihan, maka inti biji berpotensi ikut terbawa bersama cangkang menuju saluran pembuangan. Hal ini dapat menyebabkan terjadinya kehilangan hasil karena sebagian inti yang seharusnya menjadi produk utama justru terpisah bersama limbah cangkang. Kondisi tersebut tentu akan menurunkan efisiensi proses pemisahan dan berdampak pada kualitas hasil akhir.

Apabila kecepatan aliran udara yang dihasilkan terlalu rendah, maka gaya hambat yang bekerja pada partikel cangkang menjadi tidak cukup untuk memisahkannya dari inti biji. Akibatnya, sebagian cangkang masih akan jatuh bersama inti dan menyebabkan hasil pemisahan menjadi kurang bersih. Campuran antara inti dan fragmen cangkang yang masih tersisa ini menunjukkan bahwa proses pemisahan belum berlangsung secara efektif, sehingga diperlukan penyesuaian terhadap parameter aliran udara yang digunakan.

Selain kecepatan aliran udara, waktu tinggal partikel di dalam medan aliran juga turut memengaruhi keberhasilan proses pemisahan. Waktu tinggal yang terlalu singkat dapat menyebabkan partikel belum mengalami pengaruh gaya hambat udara secara maksimal, sedangkan waktu tinggal yang terlalu lama berpotensi meningkatkan kemungkinan inti biji ikut terbawa aliran udara. Oleh karena itu, diperlukan pengaturan kondisi aliran udara dan desain saluran pemisah yang mampu memberikan waktu interaksi yang cukup antara partikel dan aliran udara tanpa mengganggu kestabilan proses pemisahan.

Keberhasilan proses pemisahan partikel dalam sistem peniup sangat ditentukan oleh keseimbangan antara gaya gravitasi yang bekerja pada partikel dan gaya hambat udara yang dihasilkan oleh aliran udara. Keseimbangan ini menjadi faktor kunci dalam memastikan bahwa partikel cangkang dapat terpisah secara optimal dari inti biji tanpa menyebabkan kehilangan hasil yang signifikan. Pengaturan parameter aliran udara yang tepat akan menghasilkan proses pemisahan yang lebih efektif, efisien, dan mampu meningkatkan kualitas produk akhir yang dihasilkan oleh mesin pengupas kuaci.

C. Kinerja Pemisahan

Kinerja suatu sistem pemisahan dalam mesin pengupas kuaci dapat dievaluasi melalui sejumlah indikator yang mencerminkan tingkat keberhasilan proses pemisahan antara inti biji dan cangkang. Salah satu indikator utama yang dapat digunakan adalah tingkat kemurnian inti biji yang dihasilkan setelah proses pemisahan berlangsung. Tingkat kemurnian ini menunjukkan sejauh mana sistem mampu memisahkan inti dari partikel cangkang maupun kotoran lain yang masih tercampur dalam hasil akhir.

Persentase cangkang yang masih tersisa dalam produk hasil pemisahan juga menjadi parameter penting dalam menilai performa sistem. Keberadaan cangkang dalam jumlah tertentu pada hasil akhir dapat mengindikasikan bahwa proses pemisahan belum berjalan secara optimal. Indikator lainnya adalah besarnya kehilangan inti biji selama proses pemisahan berlangsung. Kehilangan ini umumnya terjadi akibat inti dibawa oleh aliran udara bersama cangkang, sehingga berpotensi menurunkan efisiensi hasil produksi secara keseluruhan.

Konsistensi hasil pemisahan pada setiap siklus kerja mesin juga perlu diperhatikan sebagai bagian dari evaluasi kinerja sistem. Konsistensi ini mencerminkan stabilitas performa sistem peniup dalam kondisi operasional yang berulang. Apabila hasil pemisahan menunjukkan variasi yang signifikan antar siklus, maka hal tersebut dapat menjadi indikasi adanya ketidakseimbangan dalam parameter operasional yang diterapkan.

Secara keseluruhan, parameter-parameter tersebut digunakan sebagai tolok ukur dalam mengevaluasi efektivitas sistem peniup yang diterapkan pada mesin pengupas kuaci. Melalui pengukuran indikator-indikator tersebut, kinerja sistem pemisahan dapat dianalisis secara lebih objektif guna mengetahui tingkat keberhasilan proses pemisahan yang dihasilkan.

D. Optimasi desain sistem peniup

Optimasi desain pada sistem peniup dilakukan sebagai upaya untuk meningkatkan efisiensi proses pemisahan antara inti biji dan cangkang hasil pengupasan. Proses optimasi ini bertujuan untuk memperoleh kondisi operasional yang mampu menghasilkan kinerja pemisahan secara maksimal tanpa menimbulkan dampak negatif terhadap kualitas maupun kuantitas inti yang dihasilkan. Dalam penerapannya, optimasi dapat dilakukan melalui beberapa pendekatan teknis, seperti penyesuaian kecepatan aliran udara yang dihasilkan oleh sistem, perubahan atau modifikasi geometri saluran pemisah, serta pengujian ulang terhadap konfigurasi blower yang digunakan dalam rangkaian sistem peniup.

Penyesuaian kecepatan aliran udara menjadi salah satu faktor penting karena besarnya gaya aerodinamis yang bekerja pada partikel sangat dipengaruhi oleh kecepatan aliran tersebut. Aliran udara yang terlalu rendah dapat menyebabkan proses pemisahan tidak berjalan efektif, sedangkan aliran yang terlalu tinggi berpotensi membawa inti biji ikut terbang bersama cangkang. Oleh karena itu, diperlukan pengaturan kecepatan yang tepat agar proses pemisahan dapat berlangsung secara optimal.

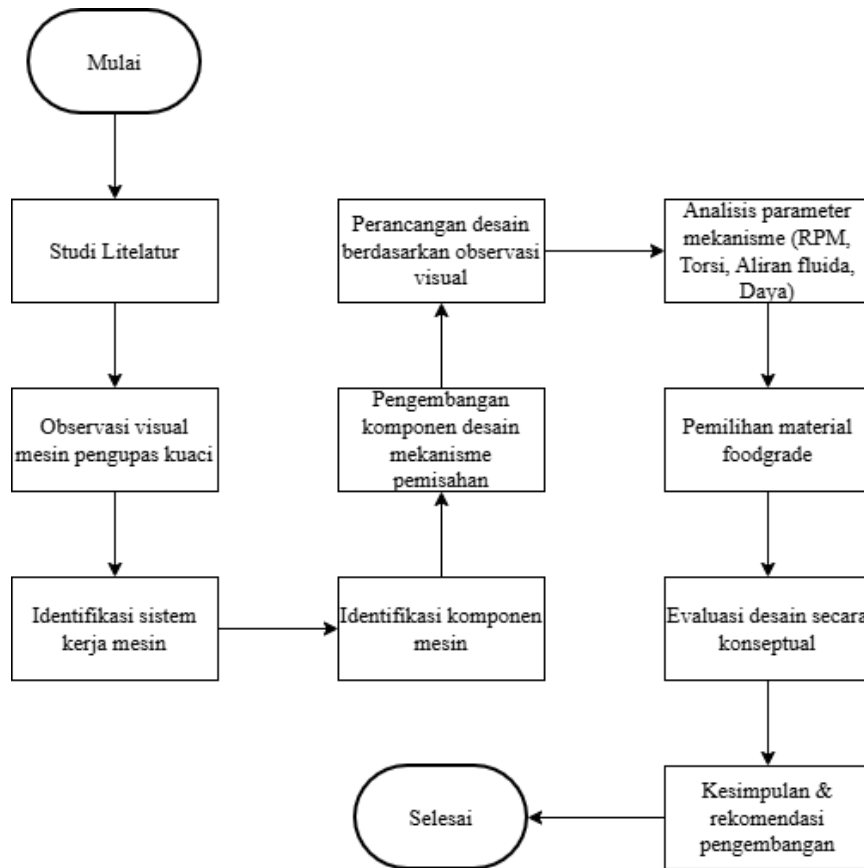
Modifikasi pada bentuk dan dimensi saluran pemisah juga dapat memengaruhi arah aliran udara serta lintasan partikel selama proses berlangsung. Iterasi terhadap konfigurasi *blower* yang digunakan diharapkan mampu menghasilkan karakteristik aliran udara yang lebih sesuai dengan kebutuhan pemisahan. Melalui perubahan pada parameter-parameter tersebut, diharapkan sistem peniup dapat menciptakan kondisi aliran udara yang mampu memaksimalkan pemisahan antara inti dan cangkang tanpa meningkatkan tingkat kehilangan inti secara signifikan.

E. Target kinerja mesin

Target kinerja mesin dalam penelitian ini ditentukan dengan mempertimbangkan kapasitas kerja operasional serta tingkat efisiensi pemisahan yang mampu dicapai selama proses berlangsung. Penetapan target tersebut bertujuan untuk memastikan bahwa mesin tidak hanya mampu bekerja secara fungsional, tetapi juga menghasilkan performa pemisahan yang efektif dalam memisahkan inti biji dari cangkangnya. Dalam hal ini, mesin dirancang agar dapat beroperasi pada kapasitas kerja sekitar ± 1 kg per jam sebagai acuan produktivitas yang ingin dicapai. Selain itu, hasil pemisahan yang diperoleh diharapkan memiliki tingkat kemurnian inti biji yang optimal dengan kandungan cangkang yang seminimal mungkin. Di sisi lain, proses pemisahan juga diupayakan agar tidak menyebabkan kehilangan inti dalam jumlah yang signifikan, sehingga efisiensi hasil akhir tetap terjaga. Dengan demikian, keseimbangan antara kapasitas kerja mesin dan kualitas hasil pemisahan menjadi indikator utama dalam menilai keberhasilan kinerja sistem yang dirancang dalam penelitian ini

BAB III METODOLOGI

Berikut ini merupakan tahapan penelitian yang dilaksanakan:



Gambar 10. Diagram alir tahapan penelitian

Penelitian ini melakukan analisa desain mesin pengupas kuaci yang berfokus pada sistem peniupan dan pemisahan cangkang dan biji kuaci, dan simulasi aliran fluida yang dilakukan pada software.

Berikut ini adalah penjelasan diagram alir dari tahapan penelitian *Reverse engineering* desain mesin pengupas kuaci berfokus sistem peniup untuk optimasi pemisahan biji dan cangkang.

1. Studi litelatur

Melakukan pengumpulan studi literatur dari berbagai jurnal dan karya ilmiah yang telah dipublikasikan sebagai referensi dalam penelitian ini. Kajian tersebut mencakup data hasil

pengujian terdahulu yang digunakan untuk mendukung analisis, memahami metode yang relevan, serta menjadi dasar dalam proses perancangan dan pengembangan mesin.

2. Observasi visual mesin pengupas kuaci

Pada tahap ini dilakukan pengamatan visual terhadap mesin pengupas kuaci dengan cara menyaksikan berbagai video yang tersedia di internet untuk memahami bentuk, komponen, serta prinsip kerja alat tersebut.

3. Identifikasi sistem kerja mesin

Melakukan identifikasi terhadap sistem kerja mesin pengupas kuaci sebagai dasar dalam proses perancangan alat yang akan dikembangkan. Tahap ini bertujuan untuk memahami mekanisme kerja, fungsi setiap komponen, serta alur proses pengupasan agar desain mesin yang dirancang dapat bekerja secara efektif, efisien, dan sesuai kebutuhan operasional.

4. Identifikasi komponen mesin

Melakukan proses pengenalan dan penentuan setiap komponen yang terdapat pada mesin guna memahami fungsi serta peran masing-masing bagian dalam sistem kerja alat. Tahap ini membantu dalam mengetahui hubungan antar komponen sehingga proses perancangan, perakitan, serta pengoperasian mesin dapat dilakukan secara lebih tepat, efektif, dan terstruktur.

5. Pengembangan komponen desain mekanisme pemisahan

Melakukan pengembangan pada bagian desain yang berfungsi sebagai mekanisme pemisahan dalam mesin pengupas kuaci. Proses ini bertujuan untuk menyempurnakan sistem agar mampu memisahkan biji dan cangkang secara lebih efektif, meningkatkan efisiensi kerja mesin, serta meminimalkan kehilangan hasil dan kerusakan pada inti kuaci selama proses berlangsung.

6. Perancangan desain berdasarkan observasi visual

Melakukan proses perancangan desain mesin pengupas kuaci dengan mengacu pada hasil observasi visual yang telah dilakukan sebelumnya. Tahap ini bertujuan untuk menerjemahkan informasi mengenai bentuk, susunan komponen, serta prinsip kerja mesin menjadi rancangan yang dapat digunakan sebagai acuan dalam proses pembuatan alat.

7. Analisis parameter mekanisme (RPM, Torsi, Aliran fluida, Daya)

Melakukan analisis terhadap parameter mekanisme seperti kecepatan putar (RPM), torsi, aliran fluida, dan daya yang dibutuhkan dalam sistem kerja mesin. Tahap ini bertujuan

untuk memastikan setiap komponen bekerja sesuai kapasitasnya, sehingga kinerja mesin menjadi lebih optimal, stabil, dan efisien selama proses pengupasan berlangsung.

8. Pemilihan material *food grade*

Pemilihan material yang memenuhi standar food grade untuk memastikan keamanan produk selama proses pengolahan berlangsung. Tahap ini bertujuan agar bahan yang digunakan tidak mencemari hasil kupasan, tahan terhadap korosi, serta aman digunakan dalam kontak langsung dengan bahan pangan selama pengoperasian mesin.

9. Evaluasi desain secara konseptual

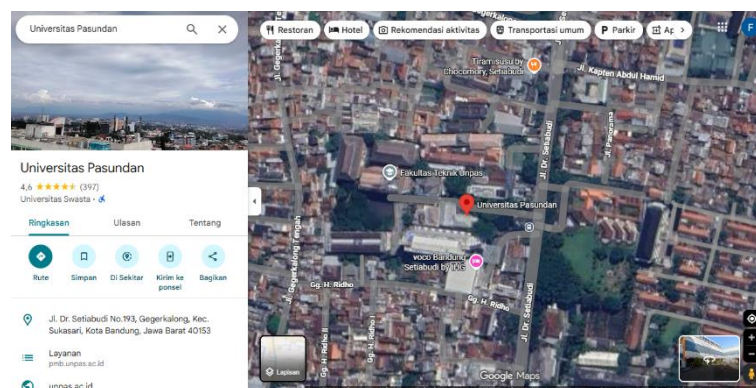
Evaluasi desain secara konseptual untuk menilai kesesuaian rancangan dengan tujuan dan kebutuhan operasional mesin. Tahap ini bertujuan mengkaji fungsi, kinerja, serta keterpaduan antar komponen sebelum proses pembuatan dilakukan, sehingga potensi kesalahan desain dapat diminimalkan sejak tahap awal perancangan.

10. Kesimpulan & rekomendasi pengembangan

Kesimpulan dan rekomendasi pada penelitian ini disusun berdasarkan hasil evaluasi secara konseptual, sehingga belum secara rinci menunjukkan capaian optimasi pada sistem pemisahan maupun penerapan metode *reverse engineering* secara menyeluruh dalam proses perancangan dan pengembangan mesin pengupas kuaci yang diteliti.

1. Tempat Penelitian

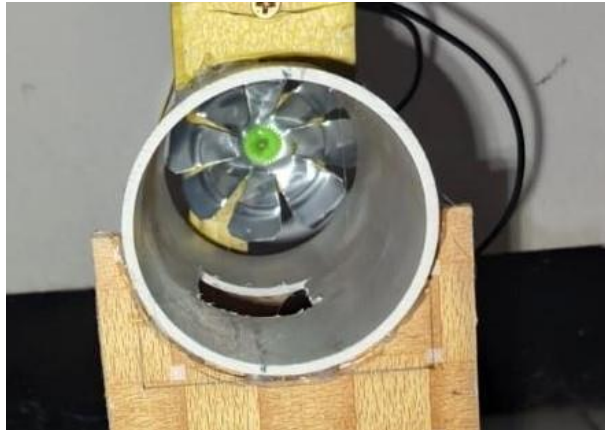
Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Mesin FT UNPAS yang berlokasi di Jalan Dr. Setiabudi No. 193, Gegerkalong, Kecamatan Sukasari, Kota Bandung, Jawa Barat 40153. Laboratorium ini dipilih karena memiliki fasilitas yang memadai untuk mendukung proses perancangan, pembuatan, hingga pengujian mesin pengupas kuaci portable. Tempat penelitian dapat dilihat pada Gambar 11.



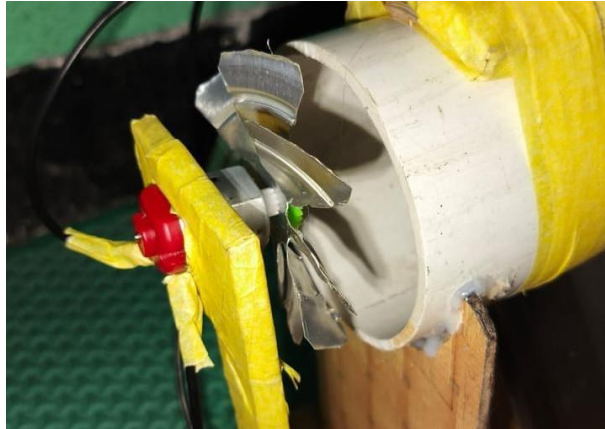
Gambar 11. Lokasi Penelitian

2. Objek yang *reverse engineering*

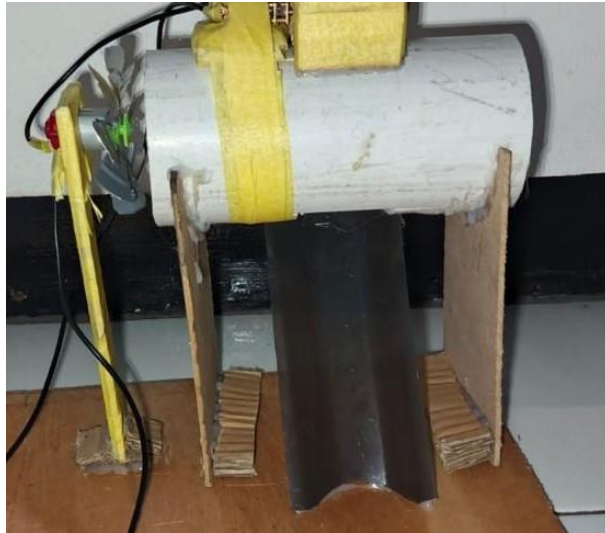
Penelitian ini melaksanakan proses pemodelan ulang dengan menerapkan metode *reverse engineering* terhadap sebuah objek atau mesin yang telah ada sebelumnya. Objek yang dikaji dalam penelitian ini adalah mesin pengupas kuaci yang berfungsi memisahkan biji dan cangkangnya, dengan penekanan utama pada sistem pemisahan yang digunakan. Berikut merupakan objek atau mesin yang telah ada sebelumnya:



Gambar 12. Sistem pemisah tampak samping



Gambar 13. Sistem *blower*



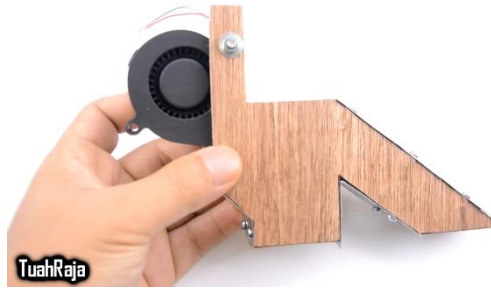
Gambar 14. Bagian pemisah cangkang dan biji kuaci



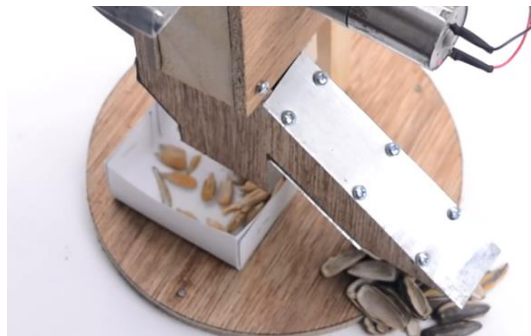
Gambar 15. Bagian pemisah cangkang dan biji kuaci konsep kedua [28]



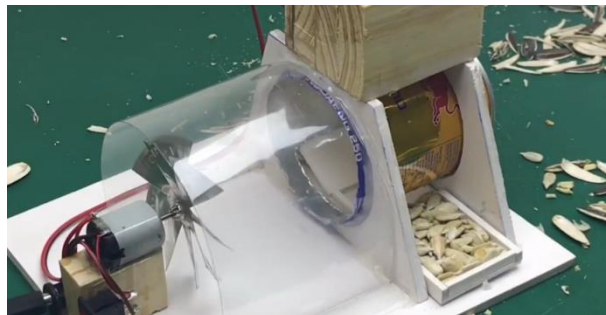
Gambar 16. Bagian dalam pemisah cangkang dan biji kuaci konsep kedua [28]



Gambar 17. Bagian dalam pemisah cangkang dan biji kuaci konsep ketiga [29]



Gambar 18. Bagian dalam pemisah cangkang dan biji kuaci konsep ketiga [29]



Gambar 19. Bagian dalam pemisah cangkang dan biji kuaci konsep keempat [30]

3. Pengujian yang dilakukan pada sistem pemisahan

Pengujian yang dilakukan bertujuan untuk mengetahui karakteristik awal sistem pemisahan sebelum dilakukan analisis teoritis pada penelitian ini. Tahap pengujian ini difokuskan pada sistem *blower* yang digunakan pada mesin pengupas kuaci portable untuk melihat pengaruh perubahan putaran motor terhadap aliran udara pada saluran pemisahan. Dengan adanya pengujian tersebut, dapat diketahui bagaimana respons sistem ketika kecepatan motor diubah pada beberapa konfigurasi pengaturan.

Proses pengujian dilakukan dengan mengatur variasi kecepatan motor menggunakan pengendali putaran, kemudian dilakukan pengukuran putaran motor menggunakan digital tachometer. Hasil pengukuran tersebut digunakan sebagai dasar dalam memperkirakan kecepatan aliran udara yang dihasilkan oleh *blower*. Selanjutnya, nilai kecepatan udara tersebut digunakan dalam analisis gaya *drag* untuk mengetahui kecenderungan inti dan cangkang kuaci terhadap pengaruh aliran udara pada sistem pemisahan.

Pengujian ini juga dilakukan untuk menentukan rentang operasi sistem yang dapat digunakan pada tahap analisis berikutnya. Dengan adanya pengujian tersebut, analisis yang dilakukan pada penelitian tidak hanya berdasarkan pendekatan teoritis, tetapi juga mempertimbangkan kondisi aktual dari sistem pemisahan pada mesin pengupas kuaci portable.

A. Desain mekanisme mesin pengupas kuaci *portable* (sistem pemisahan)

Mesin pengupas kuaci portable ini dirancang sebagai alat yang membantu proses pengupasan kuaci menjadi lebih praktis karena tidak lagi dilakukan secara manual. Dengan adanya mesin ini, pekerjaan menjadi lebih cepat, konsisten, dan efisien, sehingga sangat bermanfaat terutama bagi pelaku UMKM di Indonesia yang membutuhkan peningkatan produktivitas.

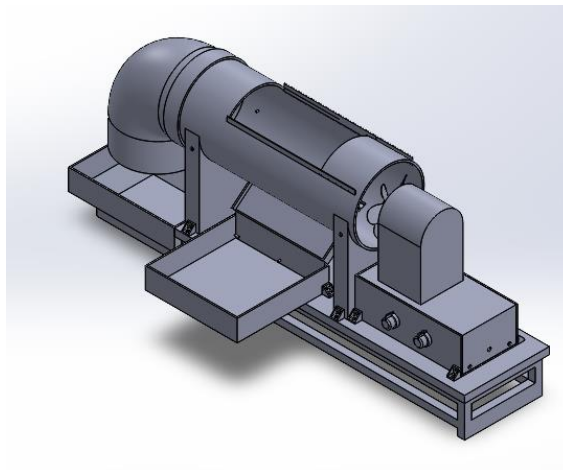
Cara kerja mesin ini menggabungkan sistem mekanik dan bantuan aliran udara (*fluida*) untuk memisahkan bagian kuaci. Setelah kuaci dikupas, biji inti dan cangkangnya akan dipisahkan berdasarkan perbedaan karakteristik, seperti berat dan bentuk, sehingga keduanya dapat terarah ke tempat yang berbeda. Proses pemisahan ini membuat hasil akhir menjadi lebih rapi dan memudahkan tahap penyortiran selanjutnya, karena biji inti yang diinginkan sudah terpisah dari cangkangnya tanpa perlu proses tambahan yang rumit.

Sistem pemisahan pada mesin pengupas kuaci terdiri dari beberapa komponen utama yang saling bekerja sama untuk menghasilkan proses pemisahan antara inti biji dan cangkang secara efektif. Komponen seperti saluran udara, baling-baling, danudukan motor memiliki fungsi penting dalam menghasilkan serta mengarahkan aliran udara. Baling-baling yang digerakkan oleh motor DC akan menghasilkan hembusan udara, kemudian saluran udara mengarahkan aliran tersebut menuju area pemisahan. Dudukan motor berfungsi menjaga posisi motor tetap stabil sehingga putaran yang dihasilkan dapat bekerja secara optimal tanpa gangguan getaran berlebih.

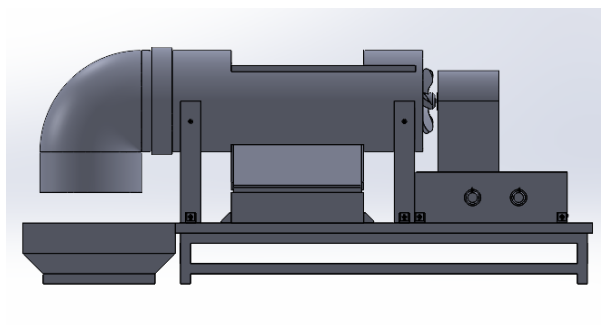
Pada proses pemisahan, jalur pembuangan cangkang dan jalur pembuangan inti biji digunakan untuk memisahkan hasil berdasarkan massa dari masing-masing objek.

Cangkang yang memiliki massa lebih ringan akan terdorong oleh aliran udara menuju jalur pembuangan cangkang, sedangkan inti biji yang lebih berat akan jatuh menuju jalur pembuangan inti biji. Setelah terpisah, hasil pemisahan akan ditampung pada wadah penampung biji dan wadah penampung cangkang. Kedua wadah tersebut membantu proses pengumpulan hasil agar lebih rapi, bersih, dan memudahkan pengguna saat melakukan pengambilan hasil pemisahan.

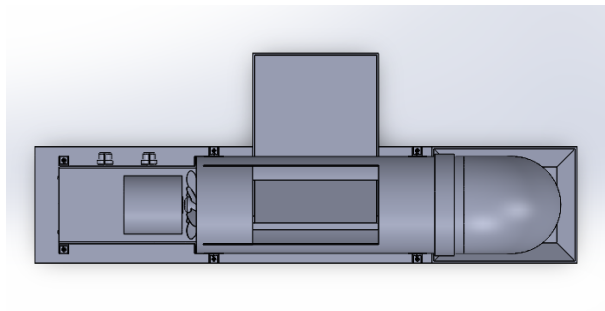
Selain komponen utama pemisahan, terdapat juga komponen pendukung seperti alas mesin utama,udukan saluran, *case power supply*, dan tutup *power supply*. Alas mesin utama berfungsi menopang seluruh rangkaian komponen agar mesin tetap stabil saat beroperasi. Dudukan saluran membantu menjaga posisi saluran udara tetap sesuai dengan arah aliran yang dirancang. Sementara itu, *case power supply* dan tutup *power supply* digunakan untuk melindungi komponen kelistrikan dari debu, benturan, maupun gangguan luar lainnya sehingga keamanan dan kinerja sistem kelistrikan pada mesin dapat tetap terjaga dengan baik. Gambar desain mesin pengupas kuaci pada sistem pemisahan dapat dilihat pada gambar 19 hingga gambar 23.



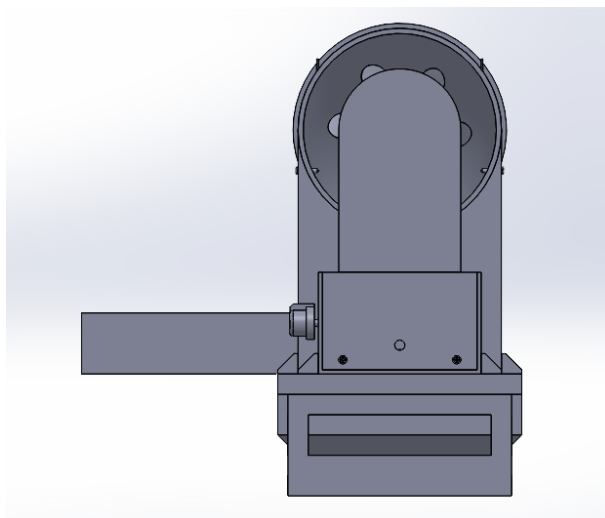
Gambar 20. Desain tampak isometri



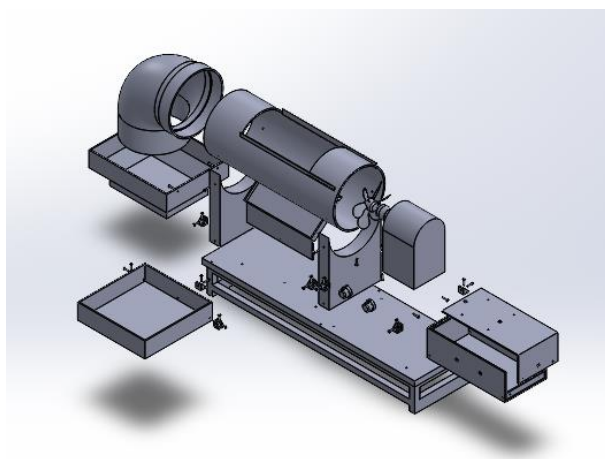
Gambar 21. Desain tampak depan



Gambar 22. Desain tampak atas



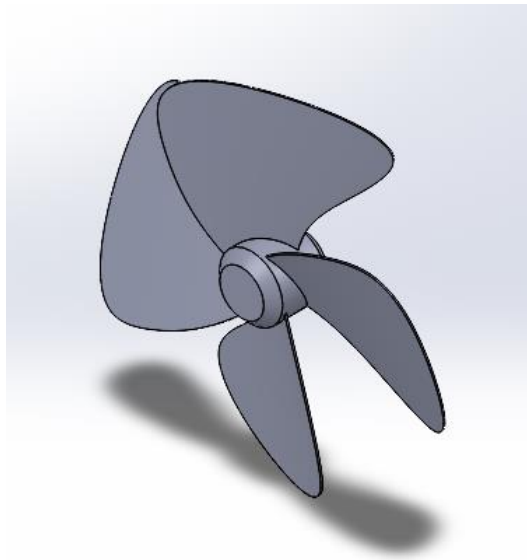
Gambar 23. Desain tampak samping



Gambar 24. Desain *Explode*

B. Desain baling baling pemisahan

Baling-baling yang dirancang pada sistem pemisahan memiliki diameter 80 mm dan berfungsi untuk menghasilkan aliran udara yang digunakan dalam proses pemisahan inti biji dan cangkang kuaci. Ketika motor menggerakkan baling-baling, udara akan terdorong ke dalam saluran pemisahan sehingga menciptakan hembusan yang mampu mempengaruhi pergerakan hasil pengupasan. Cangkang kuaci yang lebih ringan akan lebih mudah terbawa oleh aliran udara menuju jalur pembuangan cangkang, sedangkan inti biji yang lebih berat akan jatuh ke jalur penampungan inti biji. Diameter baling-baling 80 mm dipilih karena cukup untuk menghasilkan aliran udara yang dibutuhkan tanpa memerlukan ruang yang besar maupun daya motor yang terlalu tinggi. Dengan ukuran tersebut, baling-baling dapat bekerja secara efektif dalam membantu proses pemisahan sekaligus menjaga ukuran mesin tetap ringkas, sehingga sesuai untuk digunakan pada mesin pengupas kuaci portable.

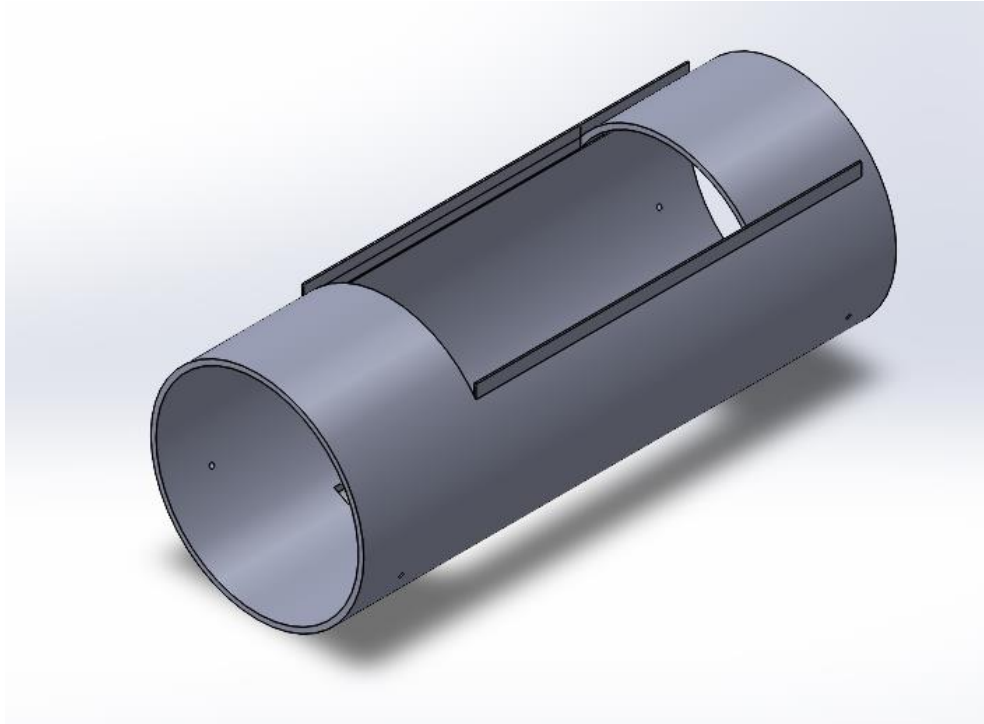


Gambar 25. Desain baling-baling

C. Desain saluran pemisahan

Saluran pemisahan merupakan bagian yang digunakan sebagai tempat terjadinya proses pemisahan antara inti biji dan cangkang kuaci setelah proses pengupasan. Saluran ini dirancang dengan diameter 100 mm dan panjang 250 mm agar aliran udara dari baling-baling dapat bekerja dengan baik pada material yang masuk. Ukuran diameter 100 mm memberikan ruang yang cukup untuk pergerakan udara, inti biji, dan cangkang tanpa menyebabkan penyumbatan. Sementara itu, panjang saluran 250 mm dipilih agar campuran inti biji dan cangkang memiliki waktu yang cukup untuk dipengaruhi oleh aliran udara selama proses pemisahan berlangsung. Ketika material hasil pengupasan masuk ke bagian

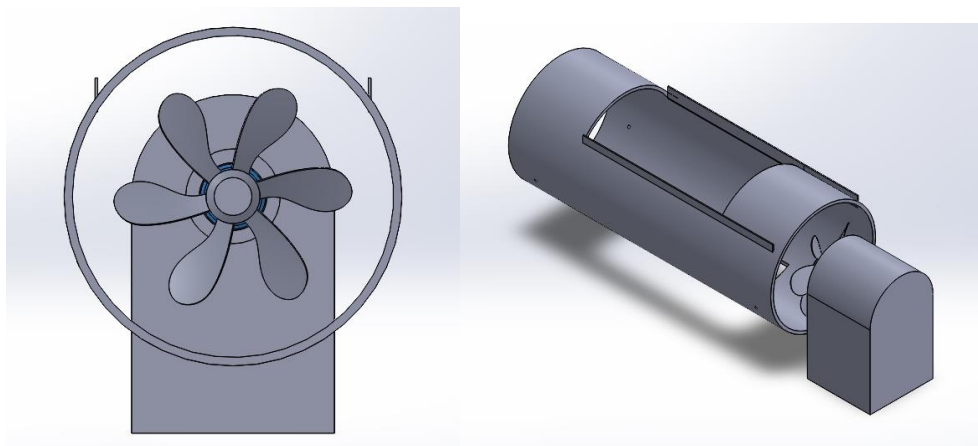
tengah saluran, cangkang yang lebih ringan akan lebih mudah terbawa oleh aliran udara menuju jalur pembuangan cangkang, sedangkan inti biji yang lebih berat akan jatuh ke bawah menuju wadah penampungan inti. Dengan ukuran tersebut, saluran pemisahan dapat membantu proses pemisahan berjalan lebih efektif dan terarah, sehingga hasil pemisahan antara inti biji dan cangkang menjadi lebih baik serta mendukung kinerja mesin pengupas kuaci portable.



Gambar 26. Desain saluran pemisahan

D. Parameter desain mekanisme pemisahan

Parameter desain pada mekanisme pemisahan terdiri dari beberapa bagian utama, yaitu diameter baling-baling, bentuk saluran pemisahan, serta tekstur permukaan pada saluran pemisahan yang berfungsi untuk membantu pengaturan variasi putaran kipas. Setiap parameter tersebut dirancang agar proses pemisahan dapat berjalan lebih efektif, sehingga cangkang dan inti biji dapat terpisah dengan lebih baik sesuai aliran udara yang dihasilkan. Gambar komponen desain mekanisme pemisahan dan tabel parameter desain pemisahan dapat dilihat pada dilihat pada gambar dan tabel.



Gambar 27. Komponen desain mekanisme pemisahan

Tabel 1. Parameter desain mekanisme pemisahan

No	Alat	Keterangan
1	Diameter baling-baling	80 mm
2	Panjang saluran pemisahan	250 mm
3	Diameter saluran pemisahan	100 mm
4	Motor penggerak	Motor DC

4. Peralatan ukur dan bahan yang digunakan

Peralatan dan bahan yang digunakan dalam proses pengujian ini terdiri dari beberapa komponen utama yang mendukung pengambilan data dan kinerja alat, sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 2 berikut:

Tabel 2. Peralatan

No	Alat	Jumlah
1	Komputer	1 Set
2	<i>Software SolidWork</i>	1 Set
3	Jangka sorong	1 Buah
4	Tachometer	1 Buah
5	Anemometer	1 Buah

Tabel 3. Bahan

No	Bahan	Jumlah
1	Data mesin hasil observasi	1
2	Data karakteristik biji kuaci	1

5. Metode pengolahan data hasil pengukuran/pengujian

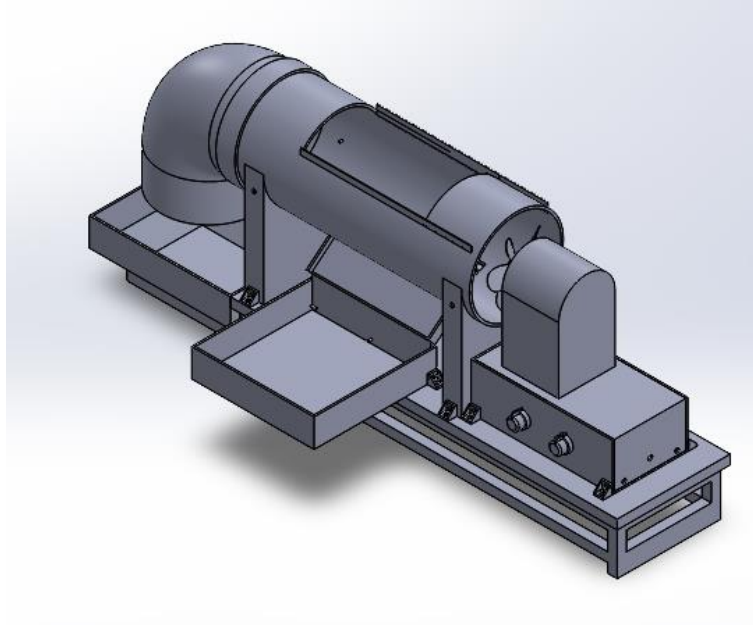
Data dalam penelitian ini dianalisis menggunakan kombinasi antara perhitungan teknik dan pendekatan konseptual agar hasil yang diperoleh tidak hanya berupa angka pengukuran, tetapi juga dapat dipahami berdasarkan kondisi kerja mesin secara nyata. Pendekatan ini dilakukan supaya setiap hasil pengujian memiliki hubungan yang jelas dengan mekanisme kerja alat, sehingga analisis yang diperoleh lebih logis dan mudah dijelaskan. Dengan demikian, proses evaluasi tidak hanya berfokus pada hasil akhir, tetapi juga pada penyebab dan pengaruh dari setiap parameter yang digunakan selama pengujian berlangsung.

Tahap perhitungan dilakukan dengan menentukan beberapa parameter utama pada mekanisme mesin, seperti kecepatan linier, torsi, dan gaya tekan yang bekerja selama proses pemisahan berlangsung. Parameter tersebut kemudian dianalisis untuk mengetahui hubungan antara desain mekanisme dengan performa mesin dalam melakukan pengupasan dan pemisahan kuaci. Dari hasil analisis tersebut dapat diketahui apakah rancangan yang digunakan sudah mampu bekerja secara efektif, stabil, dan sesuai dengan kebutuhan proses kerja mesin.

Selanjutnya, hasil perhitungan dan pengamatan dievaluasi untuk melihat tingkat kesesuaian antara desain mekanisme dengan kondisi kerja sebenarnya. Melalui tahap evaluasi ini dapat diketahui bagian-bagian yang masih kurang optimal, baik dari segi aliran, putaran, maupun mekanisme pengupasan yang digunakan. Hasil evaluasi tersebut kemudian dijadikan dasar dalam melakukan perbaikan dan pengembangan desain agar kinerja mesin pengupas kuaci dapat bekerja lebih maksimal, efisien, dan menghasilkan proses pemisahan yang lebih baik.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Pengembangan konsep desain sistem pemisahan



Gambar 28. Desain tampak isometri

Konsep desain sistem pemisahan pada mesin pengupas kuaci portable dirancang dengan memanfaatkan prinsip aliran fluida untuk memisahkan antara inti biji dan cangkang setelah proses pengupasan berlangsung. Sistem ini bekerja dengan menghasilkan hembusan udara dari baling-baling yang digerakkan motor DC, kemudian aliran udara diarahkan menuju saluran pemisahan agar kedua objek yang memiliki massa dan karakteristik berbeda dapat terpisahkan secara otomatis. Inti biji yang memiliki massa lebih besar cenderung jatuh menuju wadah penampung inti, sedangkan cangkang yang lebih ringan akan terdorong oleh aliran udara menuju jalur pembuangan cangkang.

Pada desain sistem pemisahan, beberapa parameter utama dirancang untuk mendukung efektivitas proses pemisahan. Parameter tersebut meliputi diameter baling-baling, bentuk dan dimensi saluran udara, sudut kemiringan saluran, serta variasi putaran motor yang diatur menggunakan dimmer. Diameter baling-baling mempengaruhi besar kecilnya debit udara yang dihasilkan, sedangkan bentuk saluran pemisahan berfungsi untuk mengarahkan pola aliran udara agar lebih terfokus pada area pemisahan. Selain itu, variasi RPM digunakan untuk mengetahui kondisi aliran udara yang paling sesuai sehingga cangkang dapat terpisah tanpa menyebabkan inti biji ikut terbang.

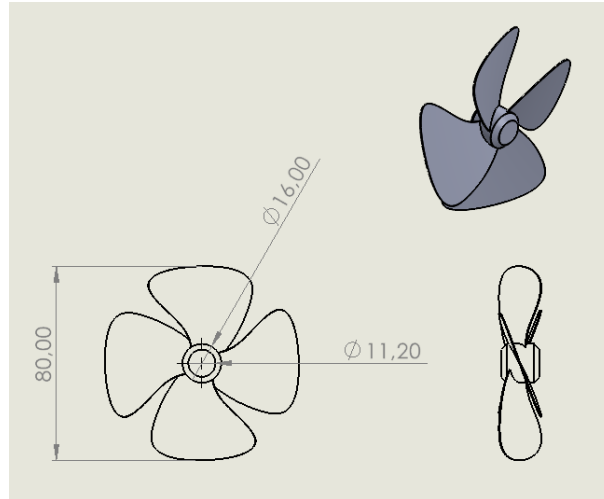
Secara mekanis, sistem pemisahan dirancang agar memiliki konstruksi yang sederhana namun tetap mampu menghasilkan proses pemisahan yang stabil. Dudukan motor dan saluran pemisahan dibuat menyatu dengan alas utama mesin untuk mengurangi getaran saat motor beroperasi. Jalur pembuangan inti dan cangkang dipisahkan pada posisi yang berbeda sehingga hasil pemisahan dapat langsung tertampung pada wadah masing-masing. Desain ini juga mempertimbangkan kemudahan perawatan dan efisiensi penggunaan pada skala UMKM, sehingga mesin dapat dioperasikan secara praktis tanpa memerlukan proses pemisahan manual tambahan.

Konsep desain yang digunakan pada sistem pemisahan juga berkaitan dengan prinsip distribusi tekanan dan kecepatan aliran udara. Semakin tinggi putaran motor, maka kecepatan udara yang dihasilkan baling-baling akan meningkat sehingga gaya dorong terhadap cangkang menjadi lebih besar. Namun, apabila kecepatan udara terlalu tinggi, inti biji dapat ikut terbawa aliran udara dan mengurangi efektivitas pemisahan. Oleh karena itu, dilakukan beberapa konfigurasi pengujian RPM untuk menentukan kondisi kerja optimum pada sistem pemisahan. Pendekatan ini digunakan agar desain yang dibuat tidak hanya berfungsi secara mekanis, tetapi juga memiliki performa pemisahan yang lebih efektif berdasarkan hasil pengujian dan analisis perhitungan.

Dalam pengembangan desain, pendekatan simulasi dan pengujian dilakukan untuk memahami perilaku aliran fluida di dalam saluran pemisahan. Analisis dilakukan dengan membandingkan pengaruh variasi putaran motor terhadap pola aliran udara dan hasil pemisahan kuaci. Dari konsep tersebut, sistem pemisahan yang dirancang diharapkan mampu meningkatkan efisiensi proses pengupasan kuaci, mengurangi campuran antara inti dan cangkang, serta menghasilkan proses kerja yang lebih cepat dibandingkan metode manual.

A. Desain pada baling-baling

Baling-baling pada sistem pemisahan berguna untuk mengalirkan aliran udara pada saluran pemisahan, dapat dilihat pada gambar

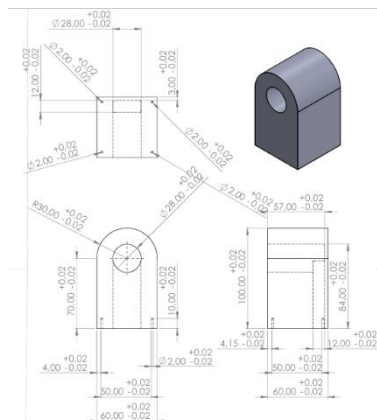


Gambar 29. Gambar teknik balang-baling

Pemilihan komponen balang-baling pada sistem pemisahan dilakukan karena balang-baling merupakan komponen utama yang berfungsi menghasilkan aliran udara sebagai media pemisah. Ketika balang-baling berputar, udara akan terdorong sehingga terbentuk aliran dengan kecepatan tertentu. Aliran udara inilah yang dimanfaatkan untuk memisahkan cangkang dari inti biji berdasarkan perbedaan sifat fisik, seperti massa dan karakteristik aerodinamiknya. Oleh karena itu, penggunaan balang-baling menjadi faktor penting dalam menentukan efektivitas proses pemisahan.

B. Desain pada dudukan motor

Dudukan motor pada sistem pemisahan dirancang untuk menompang motor yang tersalurkan terhadap balang-baling, dapat dilihat pada gambar

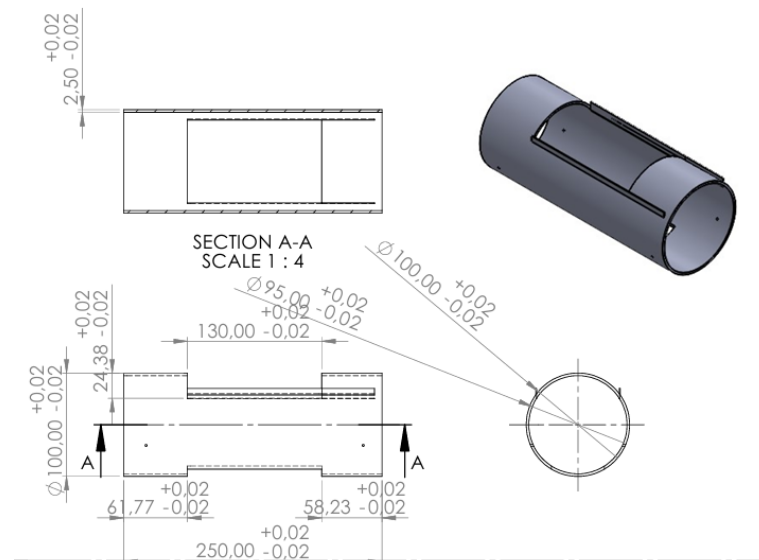


Gambar 30. Gambar teknik dudukan motor

Pemilihan dudukan motor dilakukan untuk menopang motor listrik beserta baling-baling agar tetap berada pada posisi yang stabil selama proses pengoperasian. Dudukan yang kokoh berfungsi mengurangi pengaruh getaran yang dihasilkan saat motor dan baling-baling berputar, sehingga keduanya tidak mengalami pergeseran posisi. Dengan posisi yang tetap dan sejajar, aliran udara yang dihasilkan dapat diarahkan secara optimal menuju area pemisahan. Hal ini penting karena pergeseran komponen dapat menyebabkan distribusi aliran udara menjadi tidak merata, sehingga efektivitas proses pemisahan cangkang dan inti biji dapat menurun.

C. Desain pada saluran pemisahan

Saluran pemisahan dirancang untuk seperti silinder agar aliran udara tidak terhambat dengan yang lain, saluran dapat dilihat pada gambar



Gambar 31. Gambar teknik saluran pemisahan

Pemilihan saluran pada mesin pengupas kuaci dilakukan untuk mengarahkan aliran udara agar tetap terfokus pada area pemisahan. Saluran ini berfungsi mengontrol arah dan distribusi aliran udara sehingga proses pemisahan cangkang dan inti biji berlangsung secara teratur dan tidak menyebar ke berbagai arah. Selain itu, saluran juga menjadi jalur bagi hasil pengupasan dari proses sebelumnya, sehingga cangkang dan inti biji dapat bergerak menuju area pemisahan dengan lebih terarah. Dengan adanya saluran yang dirancang dengan baik, proses pemisahan menjadi lebih efektif, kehilangan material dapat diminimalkan, serta kinerja mesin pengupas kuaci secara keseluruhan dapat ditingkatkan.

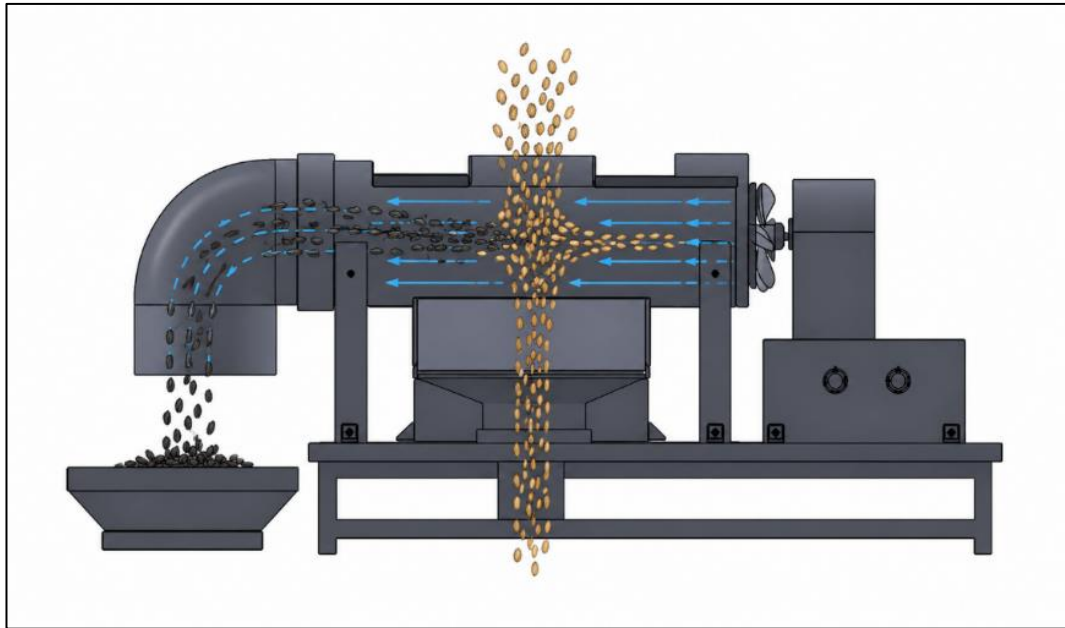
2. Proses pemisahan pada desain sistem pemisahan

A. Analisis mekanisme desain sistem pemisahan

Proses pemisahan pada desain sistem pemisahan diawali ketika campuran inti biji dan cangkang hasil pengupasan masuk ke bagian atas saluran pemisahan. Material tersebut kemudian bergerak menuju area pemisahan yang berada di tengah saluran. Pada saat yang bersamaan, baling-baling yang digerakkan oleh motor DC menghasilkan aliran udara yang diarahkan ke daerah pemisahan. Aliran udara ini berfungsi sebagai gaya pemisah yang memanfaatkan perbedaan karakteristik fisik antara inti biji dan cangkang kuaci.

Ketika campuran material melewati area pemisahan, cangkang yang memiliki massa lebih ringan dan luas permukaan yang relatif lebih besar akan menerima pengaruh aliran udara yang lebih signifikan. Akibatnya, cangkang terdorong mengikuti arah aliran udara menuju jalur pembuangan cangkang. Sementara itu, inti biji yang memiliki massa lebih besar dan lebih padat cenderung memiliki gaya inersia yang lebih tinggi sehingga tidak mudah terbawa oleh aliran udara. Inti biji akan bergerak turun karena pengaruh gravitasi dan masuk ke jalur pembuangan inti biji.

Pada desain yang dibuat, titik pemisahan berada pada pertemuan antara aliran material dan aliran udara. Daerah ini menjadi bagian terpenting karena menentukan keberhasilan proses pemisahan. Jika kecepatan udara yang dihasilkan terlalu rendah, sebagian cangkang masih dapat bercampur dengan inti biji. Sebaliknya, apabila kecepatan udara terlalu tinggi, sebagian inti biji berpotensi ikut terbawa ke jalur pembuangan cangkang. Oleh karena itu, diperlukan pengaturan putaran motor yang sesuai agar diperoleh kondisi pemisahan yang optimal.

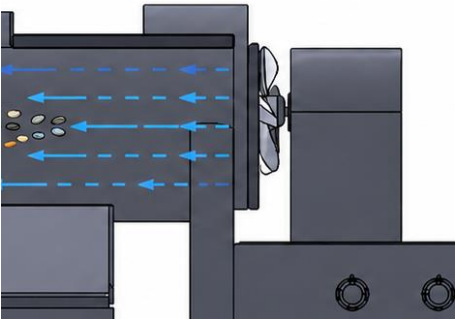
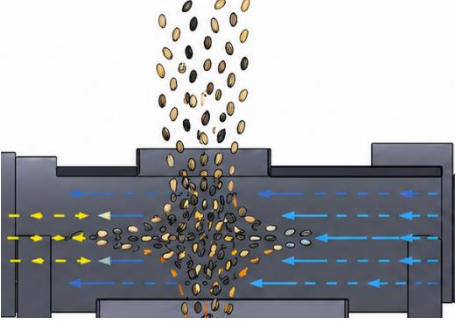
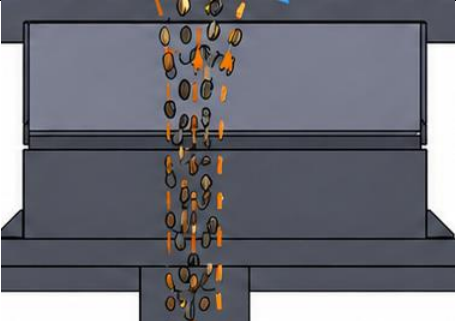
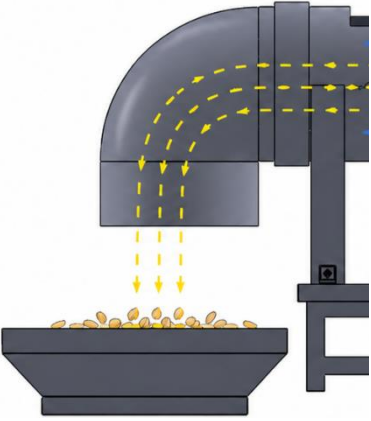


Gambar 32. Skema desain sistem pemisahan

Setelah proses pemisahan terjadi, inti biji dan cangkang akan bergerak menuju wadah penampung masing-masing. Inti biji terkumpul pada wadah penampung inti yang berada di bagian bawah saluran utama, sedangkan cangkang yang terbawa aliran udara akan keluar melalui saluran pembuangan cangkang yang terpisah. Dengan adanya pemisahan jalur keluaran ini, hasil pengupasan dapat langsung terpisah tanpa memerlukan proses penyortiran manual tambahan.

Secara keseluruhan, mekanisme pemisahan yang diterapkan pada desain ini memanfaatkan kombinasi gaya gravitasi dan gaya dorong udara. Gravitasi berperan dalam mengarahkan inti biji menuju jalur penampungan, sedangkan aliran udara berfungsi untuk memindahkan cangkang ke jalur pembuangan. Kombinasi kedua prinsip tersebut memungkinkan proses pemisahan berlangsung secara kontinu, sederhana, dan sesuai untuk diterapkan pada mesin pengupas kuaci portable.

Tabel 4. Detail proses mekanisme pemisahan pada inti biji dan cangkang

No	Gambar	Keterangan
1		Baling-baling berputar untuk membuat aliran udara sehingga pada saluran dapat melakukan pemisahan terhadap biji inti dengan cangkang kuaci.
2		Setelah terjadi pengupasan, inti biji dan cangkang kuaci masih tercampur, lalu jatuh melewati saluran pemisahan, disini sistem pemisahan bekerja dengan gaya dorong dari aliran udara yang dihasilkan dari baling-baling.
3		Pada bagian ini biji inti masuk kedalam wadah penampung inti biji. sehingga tidak berserakan dimana-mana.
4		Cangkang kuaci yang ditiup oleh aliran udara diakibatkan baling-baling melewati jalur buang cangkang, sehingga cangkang kuaci terbuang kedalam wadah tampung cangkang kuaci.

3. Pengaruh setiap kondisi kuaci

Kondisi fisik kuaci setelah melalui proses pengupasan memiliki pengaruh yang sangat signifikan terhadap proses pemisahan menggunakan aliran udara. Hal ini disebabkan karena setiap hasil pengupasan menghasilkan bentuk, massa, luas permukaan, serta orientasi yang berbeda-beda, sehingga gaya aerodinamika yang bekerja pada masing-masing partikel juga berbeda. Dalam proses pemisahan ini, salah satu gaya yang paling berpengaruh adalah gaya drag, yaitu gaya hambat atau gaya dorong yang timbul akibat interaksi antara partikel kuaci dengan aliran udara. Besarnya gaya drag yang diterima suatu partikel sangat dipengaruhi oleh bentuk partikel, luas permukaan yang terkena aliran udara, kecepatan aliran udara, serta posisi partikel terhadap arah aliran udara.

Setelah proses pengupasan berlangsung, terdapat beberapa kondisi hasil pengupasan kuaci yang perlu diperhatikan karena masing-masing memiliki karakteristik yang berbeda dalam merespons aliran udara.

A. Kuaci utuh

Kondisi pertama adalah kuaci utuh yang belum terkupas. Pada kondisi ini, kuaci masih berada dalam keadaan lengkap dengan cangkangnya sehingga massa totalnya masih relatif besar. Selain itu, bentuk kuaci utuh cenderung lebih padat dan kompak dengan luas permukaan efektif yang terkena aliran udara relatif kecil. Akibatnya, gaya drag yang bekerja pada kuaci utuh menjadi lebih kecil dibandingkan dengan kondisi lainnya. Kondisi ini menyebabkan kuaci utuh cenderung lebih sulit terangkat atau berpindah akibat aliran udara, sehingga biasanya tetap berada pada jalur utama pemisahan.



Gambar 33. Kuaci utuh

B. Cangkang

Kondisi kedua adalah cangkang kuaci yang telah terpisah dari inti bijinya. Cangkang memiliki karakteristik yang sangat berbeda dibandingkan kuaci utuh maupun inti biji. Massa cangkang jauh lebih ringan, namun memiliki luas permukaan yang relatif besar. Perbandingan antara massa yang ringan dan luas permukaan yang besar ini menyebabkan cangkang menerima gaya drag yang lebih dominan. Oleh karena itu, cangkang lebih mudah terdorong, terangkat, atau terbawa oleh aliran udara. Kondisi inilah yang menjadi dasar utama pemanfaatan sistem pemisahan berbasis aliran udara, karena perbedaan respons antara cangkang dan inti biji dapat dimanfaatkan untuk memisahkan keduanya.



Gambar 34. Cangkang

C. Inti biji

Kondisi ketiga adalah inti biji kuaci yang telah terpisah sepenuhnya dari cangkang. Inti biji memiliki massa yang lebih besar dibandingkan cangkang, tetapi luas permukaannya lebih kecil dan bentuknya lebih padat. Karakteristik ini menyebabkan gaya drag yang diterima inti biji lebih kecil dibandingkan cangkang. Meskipun tetap dipengaruhi oleh aliran udara, inti biji umumnya tidak mudah terangkat seperti cangkang. Hal ini memungkinkan inti biji tetap berada pada area penampungan utama, sementara cangkang terpisah menuju jalur yang berbeda.



Gambar 35. Inti biji

D. Setengah terbuka

Selain tiga kondisi utama tersebut, terdapat kondisi lain yang cukup penting yaitu kuaci setengah terbuka. Kondisi ini terjadi ketika cangkang sudah pecah atau terbuka, namun masih melekat pada inti biji. Kondisi kuaci setengah terbuka memiliki karakteristik yang lebih kompleks karena dipengaruhi tidak hanya oleh massa dan bentuk, tetapi juga oleh orientasi atau posisi kuaci terhadap arah aliran udara. Pada kondisi pertama, bagian cangkang yang terbuka berada pada posisi yang searah atau langsung berhadapan dengan aliran udara. Posisi ini menyebabkan luas permukaan yang terkena aliran udara menjadi lebih besar, sehingga gaya drag yang diterima juga meningkat. Akibatnya, kuaci setengah terbuka dengan orientasi seperti ini cenderung lebih mudah terdorong atau terbawa aliran udara. Sebaliknya, pada kondisi kedua, posisi kuaci setengah terbuka tidak searah dengan aliran udara atau memiliki bidang paparan yang lebih kecil terhadap aliran udara. Dalam kondisi ini, luas permukaan efektif yang terkena aliran udara menjadi lebih kecil sehingga gaya drag yang dihasilkan juga menurun. Akibatnya, respons kuaci terhadap aliran udara menjadi berbeda meskipun secara fisik berada pada kategori hasil pengupasan yang sama.



Gambar 36. Setengah terbuka

Berdasarkan perbedaan karakteristik tersebut, dapat dipahami bahwa setiap kondisi kuaci setelah proses pengupasan memiliki respons aerodinamika yang berbeda terhadap aliran udara. Perbedaan inilah yang sangat memengaruhi efektivitas proses pemisahan. Oleh karena itu, pengaturan kecepatan aliran udara dan desain sistem pemisahan perlu disesuaikan agar mampu memanfaatkan perbedaan gaya drag pada setiap kondisi kuaci. Dengan demikian, proses pemisahan antara cangkang dan inti biji dapat berlangsung lebih optimal dan menghasilkan efisiensi pemisahan yang lebih tinggi.

4. Bentuk aliran udara pada sistem pemisahan

A. Perhitungan bentuk aliran udara

Berdasarkan hasil pengujian, peningkatan putaran baling-baling berpengaruh langsung terhadap kecepatan aliran udara pada sistem pemisahan cangkang kuaci. Semakin tinggi RPM motor pemisah, maka semakin besar kecepatan udara yang dihasilkan, sehingga gaya drag yang bekerja pada material hasil pengupasan juga meningkat.

Tabel 5. Hasil pengukuran

NO	Konfigurasi	RPM	V (m/s)
1	1	1115,7	0,6
2	2	3948,8	2,0
3	3	6966,3	3,6
4	4	11246	4,5
5	5	14930	5,4

Untuk mengetahui jenis aliran udara yang tercipta pada sistem pemisahan perlu menggunakan persamaan reynolds, sehingga dapat mengetahui jenis aliran yang tercipta pada sistem aliran dengan spesifikasi yang telah dijelaskan pada tabel 1.

$$Re = \frac{\rho v D}{\mu}$$

Keterangan:

Re = Bilangan reynold

ρ = Massa jenis fluida (kg/m³)

v = Kecepatan aliran fluida (m/s)

D = Diameter saluran (m)

μ = Viskositas dinamis fluida (kg/m.s)

Contoh perhitungan

$$Re = \frac{1,2 \times 0,6 \times 0,1}{1,8 \times 10^{-5}} = 4083,3$$

Setelah melakukan perhitungan mengetahui jenis aliran udara, berikut merupakan tabel dari perhitungan disetiap RPM dan Kecepatan udara yang dihasilkan

Tabel 6. Hasil perhitungan *Reynolds*

RPM	Kecepatan Udara rata-rata (m/s)	<i>Reynolds number</i>	Jenis aliran
1115,7	0,6	4083,3	Transisi
3948,8	2,0	13611,1	Turbulen
6966,3	3,6	24500	Turbulen
11246	4,5	30625	Turbulen
14930	5,4	36750	Turbulen

Kriteria pada tabel tersebut dapat dilihat pada tabel berikut ini

Tabel 7. Kriteria aliran udara

Re < 2300	Laminar
2300 – 4000	Transisi
Re > 4000	Turbulen

B. Analisa perhitungan bentuk aliran udara

Analisa berdasarkan perhitungan di atas yaitu Pada putaran 1115,7 RPM, kecepatan udara yang dihasilkan sebesar 0,6 m/s. Berdasarkan perhitungan bilangan Reynolds, nilai yang diperoleh sebesar 4083,3, yang menunjukkan bahwa aliran udara berada pada kondisi transisi menuju turbulen. Pada kondisi ini, aliran udara masih tergolong lemah sehingga gaya drag yang dihasilkan belum cukup besar untuk memisahkan cangkang dari inti biji secara optimal. Akibatnya, sebagian besar cangkang masih tercampur dengan inti biji.

Pada putaran 3948,8 RPM, kecepatan udara meningkat menjadi 2,0 m/s dengan nilai Reynolds sebesar 13611,1. Nilai tersebut menunjukkan bahwa aliran udara sudah berada pada kondisi turbulen. Dengan meningkatnya kecepatan udara, gaya drag yang bekerja pada material juga semakin besar, sehingga sebagian cangkang mulai dapat terangkat oleh aliran udara.

Pada putaran 6966,3 RPM, kecepatan udara mencapai 3,6 m/s dengan nilai Reynolds sebesar 24500. Pada kondisi ini, aliran turbulen semakin kuat sehingga gaya drag yang dihasilkan juga meningkat. Hal ini membuat cangkang, yang memiliki massa lebih ringan dibandingkan inti biji, menjadi lebih mudah terbawa oleh aliran udara.

Pada putaran 11246 RPM, kecepatan udara meningkat menjadi 4,5 m/s dengan nilai Reynolds sebesar 30625. Aliran udara turbulen yang terbentuk semakin kuat dan mampu meningkatkan efektivitas proses pemisahan. Pada kondisi ini, sebagian besar cangkang dapat dipisahkan dengan lebih baik dari inti biji.

Pada putaran tertinggi, yaitu 14930 RPM, kecepatan udara mencapai 5,4 m/s dengan nilai Reynolds sebesar 36750. Kondisi ini menghasilkan aliran turbulen yang sangat kuat dengan gaya drag yang paling besar. Pemisahan cangkang menjadi semakin efektif, namun kecepatan udara yang terlalu tinggi juga dapat menyebabkan sebagian inti biji ikut terbawa bersama aliran udara.

Secara keseluruhan, hasil pengujian menunjukkan bahwa semakin tinggi putaran baling-baling, maka semakin besar kecepatan udara yang dihasilkan. Peningkatan kecepatan udara ini menyebabkan aliran berubah dari kondisi transisi menuju turbulen hingga menjadi turbulen dominan. Kondisi aliran tersebut sangat berpengaruh terhadap proses pemisahan, karena semakin besar gaya drag yang dihasilkan, maka semakin mudah cangkang terpisah dari inti biji.

5. Perhitungan mekanisme pemisahan

A. Data konfigurasi RPM Motor DC

Tabel 8. Konfigurasi RPM

NO	Konfigurasi	RPM
1	1	1115,7
2	2	3948,8
3	3	6966,3
4	4	11246
5	5	14930

Tabel tersebut berisi susunan konfigurasi yang digunakan dalam pengujian putaran motor pada sistem pemisahan mesin pengupas kuaci portable. Dalam pengujian ini digunakan baling-baling dengan diameter 80 mm yang dilengkapi dengan 4 buah sudu sebagai bagian dari parameter yang diuji.

B. Hasil pengukuran kecepatan udara

Pengukuran aliran udara dilakukan menggunakan anemometer secara berulang pada setiap variasi putaran motor (RPM) untuk memperoleh data yang akurat dan konsisten. Pada setiap tingkat putaran motor, alat ukur anemometer menunjukkan nilai kecepatan aliran udara yang berbeda sesuai dengan perubahan RPM yang diberikan. Semakin tinggi putaran motor, umumnya semakin besar pula kecepatan aliran udara yang dihasilkan. Pengukuran berulang ini bertujuan untuk memastikan hasil yang diperoleh memiliki tingkat keandalan yang baik serta meminimalkan kemungkinan kesalahan pengukuran. Data hasil pengukuran dari setiap konfigurasi kemudian dicatat dan disusun secara sistematis. Seluruh hasil pengukuran aliran udara yang diperoleh melalui anemometer pada masing-masing konfigurasi dapat dilihat secara rinci pada Tabel 6.

Tabel 9. Hasil pengukuran

NO	Konfigurasi	RPM	V _{rata-rata} (m/s)
1	1	1115,7	0,6
2	2	3948,8	2,0
3	3	6966,3	3,6
4	4	11246	4,5
5	5	14930	5,4

Hasil yang diperoleh pada penelitian ini merupakan data yang berasal dari proses pengukuran langsung menggunakan alat ukur anemometer. Berdasarkan pengukuran yang telah dilakukan, diperoleh nilai kecepatan aliran udara yang bervariasi pada setiap pengujian. Perbedaan nilai kecepatan tersebut dipengaruhi oleh konfigurasi yang digunakan, seperti variasi putaran motor atau kondisi pengujian lainnya. Setiap konfigurasi menghasilkan karakteristik aliran udara yang berbeda, sehingga nilai yang tercatat pada anemometer juga menunjukkan perbedaan. Data hasil pengukuran ini kemudian digunakan sebagai acuan untuk menganalisis pengaruh masing-masing konfigurasi terhadap performa sistem yang diuji.

C. Hasil perhitungan *drag* (gaya seret/hambat)

Pada perhitungan *drag* atau gaya hambat inti biji maupun cangkang pada sistem pemisahan dapat kita gunakan dengan persamaan berikut:

$$Fd = \frac{1}{2}Cd\rho Av^2$$

Keterangan:

Fd = Gaya *drag* (N)

Cd = Koefisien drag

A = Luas penampang objek yang terkena aliran udara (m²)

Tabel 10. Perhitungan *drag* pada inti biji

Konfigurasi	RPM	$V_{rata-rata}$ (m/s)	F_d (N)	W (N)	F_d/W	Kondisi
1	1115,7	0,6	$1,30 \times 10^{-6}$	$4,9 \times 10^{-3}$	0,0003	Stabil
2	3948,8	2,0	$1,44 \times 10^{-5}$	$4,9 \times 10^{-3}$	0,0029	Stabil
3	6966,3	3,6	$4,67 \times 10^{-5}$	$4,9 \times 10^{-3}$	0,0095	Mulai terangkat
4	11246	4,5	$7,29 \times 10^{-5}$	$4,9 \times 10^{-3}$	0,0149	Terangkat
5	14930	5,4	$1,05 \times 10^{-4}$	$4,9 \times 10^{-3}$	0,0214	Risiko tinggi terangkat

Nilai gaya *drag* yang bekerja pada inti kuaci meningkat seiring dengan bertambahnya kecepatan aliran udara. Hal ini sesuai dengan hubungan kuadratik, di mana kenaikan kecepatan akan menyebabkan peningkatan gaya drag secara signifikan. Namun, jika dilihat dari perbandingan antara gaya *drag* dan gaya berat (F_d/W), seluruh variasi kecepatan masih menunjukkan nilai di bawah satu, sehingga secara teori inti kuaci belum terangkat sepenuhnya oleh aliran udara.

Meskipun demikian, pada kecepatan tinggi, khususnya di atas 10000 RPM, nilai rasio tersebut mulai mendekati satu. Kondisi ini menunjukkan bahwa potensi inti untuk ikut terbawa aliran udara semakin besar. Dengan demikian, walaupun inti masih relatif stabil pada kecepatan rendah hingga menengah, peningkatan kecepatan yang terlalu tinggi dapat mengurangi kestabilan posisi inti kuaci.

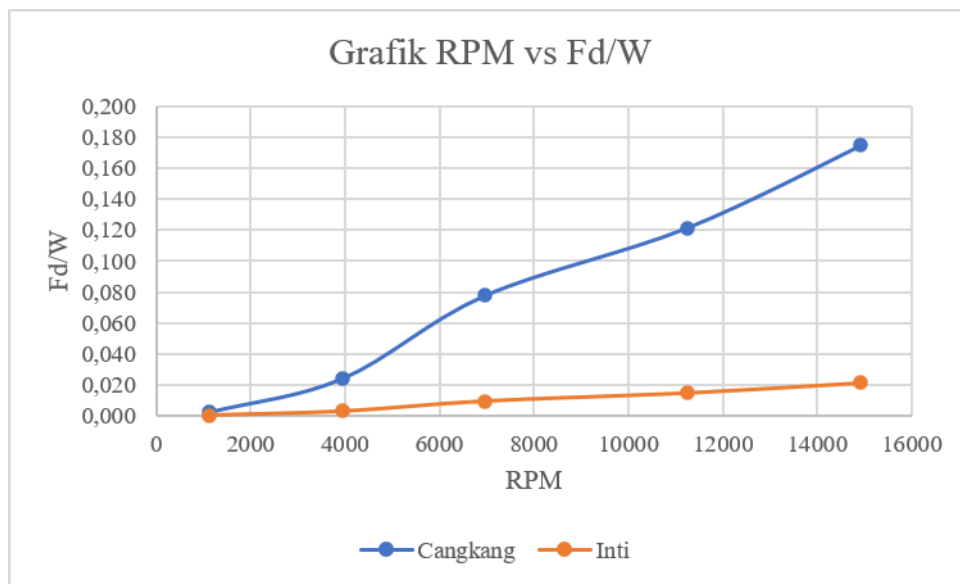
Tabel 11. Perhitungan *drag* pada cangkang

Konfigurasi	RPM	$V_{rata-rata}$ (m/s)	F_d (N)	W (N)	F_d/W	Kondisi
1	1115,7	0,6	$4,32 \times 10^{-6}$	$2,0 \times 10^{-3}$	0,002	Tidak bergerak
2	3948,8	2,0	$4,80 \times 10^{-5}$	$2,0 \times 10^{-3}$	0,024	Mulai terangkat
3	6966,3	3,6	$1,56 \times 10^{-4}$	$2,0 \times 10^{-3}$	0,078	Terangkat penuh
4	11246	4,5	$2,43 \times 10^{-4}$	$2,0 \times 10^{-3}$	0,122	Terangkat kuat
5	14930	5,4	$3,50 \times 10^{-4}$	$2,0 \times 10^{-3}$	0,175	Terangkat ekstrem

Cangkang kuaci menunjukkan respons yang jauh lebih besar terhadap peningkatan kecepatan udara dibandingkan bagian inti. Bahkan pada kecepatan rendah, cangkang sudah mulai bergerak karena adanya gaya drag yang bekerja. Ketika kecepatan udara meningkat, nilai perbandingan antara gaya drag dan gaya berat (F_d/W) juga ikut naik hingga melampaui angka satu, terutama pada kisaran 6900 RPM. Hal ini menandakan bahwa gaya drag sudah cukup kuat untuk mengatasi gaya berat, sehingga cangkang dapat terangkat dengan efektif oleh aliran udara.

Pada kecepatan yang lebih tinggi, nilai rasio tersebut meningkat secara signifikan. Kondisi ini menunjukkan bahwa cangkang tidak hanya terangkat, tetapi juga terdorong dengan kuat mengikuti aliran udara yang semakin cepat. Dengan demikian, semakin tinggi kecepatan udara, semakin besar pula pengaruh gaya drag terhadap pergerakan cangkang kuaci.

D. Grafik hubungan RPM vs F_d/W



Gambar 37. Grafik RPM vs F_d/W

Grafik yang menunjukkan hubungan antara RPM dan rasio gaya memperlihatkan bahwa semakin tinggi putaran motor, maka gaya drag pada partikel juga meningkat dengan cukup besar. Cangkang mengalami peningkatan rasio lebih cepat dibandingkan inti, sehingga pada kisaran RPM tertentu proses pemisahan bisa berlangsung dengan baik.

Selain itu, grafik tersebut juga menunjukkan adanya batas kondisi terbaik (optimal), yaitu saat pemisahan berjalan efektif tanpa menyebabkan kehilangan inti yang terlalu besar.

Kondisi ini penting untuk menentukan RPM yang paling sesuai dalam pengoperasian sistem.

6. Pembahasan perhitungan mekanisme pemisahan

A. Perubahan gaya

Berdasarkan hasil perhitungan pada Tabel 7 dan Tabel 8, dapat dilihat bahwa semakin tinggi nilai RPM motor, maka kecepatan udara yang dihasilkan juga meningkat secara signifikan. Peningkatan kecepatan ini berpengaruh langsung terhadap bertambahnya gaya drag yang bekerja pada partikel. Hal ini terjadi karena gaya drag memiliki hubungan yang sebanding dengan kuadrat kecepatan aliran udara.

Dengan demikian, kenaikan kecepatan yang kecil saja dapat menyebabkan peningkatan gaya yang jauh lebih besar. Kondisi ini menjelaskan bahwa pada RPM tinggi, perubahan gaya drag menjadi lebih dominan dibandingkan saat RPM masih rendah.

B. Perbandingan inti biji dan cangkang kuaci

Jika dibandingkan antara inti dan cangkang kuaci, terlihat adanya perbedaan respons yang cukup jelas terhadap aliran udara. Inti kuaci memiliki massa yang lebih besar dan luas penampang yang lebih kecil, sehingga gaya drag yang bekerja padanya relatif lebih kecil jika dibandingkan dengan gaya beratnya. Hal ini membuat inti cenderung lebih stabil dan tidak mudah terpengaruh oleh aliran udara.

Sebaliknya, cangkang kuaci memiliki massa yang lebih ringan serta luas penampang yang lebih besar, sehingga lebih mudah terpengaruh oleh aliran udara. Akibatnya, perbandingan antara gaya drag dan gaya berat pada cangkang meningkat lebih cepat dibandingkan inti. Perbedaan karakteristik inilah yang menjadi dasar utama terjadinya proses pemisahan antara inti dan cangkang dalam sistem.

C. Identifikasi zona pemisahan

Berdasarkan data yang diperoleh, dapat dibagi beberapa zona kerja sistem berdasarkan nilai RPM. Pada RPM rendah, yaitu di bawah sekitar 3000 RPM, baik inti maupun cangkang belum mendapatkan gaya drag yang cukup untuk terangkat, sehingga proses pemisahan belum berjalan secara efektif. Ketika RPM meningkat pada kisaran 3000 hingga 7000 RPM, cangkang mulai menunjukkan tanda-tanda terangkat, sementara inti masih relatif stabil, sehingga kondisi ini menandai awal terjadinya proses pemisahan.

Pada sekitar 7000 RPM, gaya drag yang bekerja pada cangkang sudah cukup besar untuk mengangkatnya secara signifikan, sedangkan inti masih belum terangkat. Kondisi ini dapat dianggap sebagai titik awal yang optimal untuk pemisahan. Namun, ketika RPM meningkat lebih tinggi, yaitu di atas 10000 RPM, gaya drag pada inti juga ikut meningkat secara signifikan, sehingga berpotensi menyebabkan inti terbawa oleh aliran udara.

D. Analisis risiko kehilangan inti

Meskipun nilai perbandingan antara gaya drag dan gaya berat pada inti masih berada di bawah satu, peningkatan nilai tersebut pada RPM tinggi menunjukkan adanya potensi risiko kehilangan inti. Hal ini berarti, walaupun secara teori inti belum sepenuhnya terangkat, kecenderungan untuk ikut terbawa aliran udara tetap meningkat seiring bertambahnya kecepatan.

Dalam kondisi nyata, massa partikel inti tidak selalu seragam, sehingga partikel yang lebih ringan akan lebih mudah terangkat dibandingkan yang lebih berat. Selain itu, adanya turbulensi aliran udara serta interaksi antar partikel juga dapat memperbesar gaya efektif yang bekerja. Oleh karena itu, pada RPM tinggi, kemungkinan kehilangan inti menjadi lebih besar meskipun secara teoritis kondisi terangkat penuh belum terjadi.

E. Implikasi terhadap desain sistem

Hasil analisis menunjukkan bahwa peningkatan nilai RPM tidak selalu menghasilkan kinerja pemisahan yang lebih baik. Pada RPM rendah, sistem belum mampu menghasilkan gaya yang cukup untuk mengangkat dan memisahkan cangkang secara efektif. Sebaliknya, pada RPM yang terlalu tinggi, meskipun cangkang dapat terangkat dengan baik, risiko ikut terbawanya inti juga semakin besar.

Oleh karena itu, diperlukan pemilihan kondisi operasi yang tepat agar tercapai keseimbangan antara efektivitas pemisahan dan minimnya kehilangan inti. Berdasarkan hasil analisis, kisaran RPM menengah, yaitu sekitar 7000 hingga 10000 RPM, dapat dianggap sebagai kondisi paling optimal untuk sistem ini.

7. Perhitungan kapasitas pada pemisahan

Perhitungan kapasitas pada sistem pemisahan dilakukan untuk mengetahui persentase hasil pemisahan pada setiap konfigurasi yang diuji. Setiap konfigurasi memiliki keterkaitan dengan kinerja sistem pengupasan, sehingga hasil yang diperoleh perlu dianalisis untuk melihat pengaruhnya terhadap proses pemisahan cangkang dan inti biji. Pada penelitian ini terdapat 25 variasi pengujian yang merupakan hasil keluaran dari alat pengupas kuaci.

Setiap pengujian menggunakan sampel kuaci utuh sebanyak 150gram dan dilakukan dalam satu kali percobaan untuk setiap variasi. Dengan demikian, total bahan yang digunakan selama seluruh rangkaian pengujian adalah $150 \text{ gram} \times 25 \text{ percobaan}$, sehingga diperoleh total penggunaan kuaci.

Persentase hasil pemisahan dihitung berdasarkan perbandingan massa hasil pemisahan terhadap massa sampel awal yang digunakan pada setiap pengujian. Perhitungan ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan sistem dalam mengarahkan masing-masing fraksi hasil pengupasan menuju wadah penampungan yang sesuai. Persamaan yang digunakan untuk menghitung persentase hasil pemisahan pada cangkang tertiuip atau ikut dengan biji adalah sebagai berikut:

- Perhitungan presentase cangkang tertiuip:

$$P_i = \frac{M_i}{M_i + M_{ci}} \times 100\%$$

Keterangan:

P_i = Persentase cangkang tertiuip (%)

M_i = Massa cangkang tertiuip (gram)

M_{ci} = Massa cangkang ikut biji (gram)

Contoh perhitungan

$$\begin{aligned} P_i &= \frac{20}{(20 + 31)} \times 100\% \\ &= 39,22\% \end{aligned}$$

Maka hasil dari persentase cangkang yang tertiuip oleh sistem pemisahan sebesar 39,22%.

- Perhitungan presentase cangkang ikut:

$$P_{ci} = \frac{M_{ci}}{M_{ci} + M_i} \times 100\%$$

Keterangan:

P_{ci} = Persentase cangkang ikut biji (%)

M_i = Massa cangkang tertiuip (gram)

M_{ci} = Massa cangkang ikut biji (gram)

Contoh perhitungan

$$P_{ci} = \frac{31}{(31 + 20)} \times 100\%$$

$$= 60,78\%$$

Setelah melakukan perhitungan pada hasil pengujian kapasitas alat pengupas kuaci pada sistem pemisahan, berikut merupakan tabel dari perhitungan setiap pengujian selama 25 kali, mencakup hasil yaitu cangkang tertiuip dengan cangkang ikut dengan biji inti.

Tabel 12. Hasil perhitungan pengujian kapasitas pada sistem pemisahan

Pengujian	Waktu pengupasan (g/s)	Cangkang tertiuip	Cangkang ikut biji
MK1 MP1	150gr/11 menit 31 detik	0,00%	100,00%
MK1 MP2	150gr/8 menit 12 detik	39,22%	60,78%
MK1 MP3	150gr/10 menit 3 detik	89,33%	10,67%
MK1 MP4	150gr/ 8 menit 17 detik	100,00%	0,00%
MK1 MP5	150gr/ 8 menit 16 detik	100,00%	0,00%
MK2 MP1	150gr/ 7 menit 21 detik	0,00%	100,00%
MK2 MP2	150gr/ 4 menit 53 detik	43,18%	56,82%
MK2 MP3	150gr/ 5 menit 54 detik	77,08%	22,92%
MK2 MP4	150gr/ 5 menit 44 detik	68,75%	31,25%
MK2 MP5	150gr/4 menit 56 detik	85,45%	14,55%
MK3 MP1	150gr/ 1 menit 50 detik	48,81%	51,19%
MK3 MP2	150gr/ 2 menit 49 detik	40,00%	60,00%
MK3 MP3	150gr/ 3 menit 37 detik	88,46%	11,54%
MK3 MP4	150gr/ 2 menit 47 detik	97,83%	2,17%
MK3 MP5	150gr/ 3 menit	96,00%	4,00%
MK4 MP1	150gr/ 3 menit 17 detik	0,00%	100,00%
MK4 MP2	150gr/ 3 menit 34 detik	43,33%	56,67%
MK4 MP3	150gr/ 3 menit 27 detik	93,75%	6,25%

MK4 MP4	150gr/ 2 menit 56 detik	94,64%	5,36%
MK4 MP5	150gr/ 3 menit	94,64%	5,36%
MK5 MP1	150gr/ 2 menit 20 detik	0,00%	100,00%
MK5 MP2	150gr/ 2 menit 52 detik	60,66%	39,34%
MK5 MP3	150gr/ 4 menit 20 detik	93,06%	6,94%
MK5 MP4	150gr/ 4 menit 40 detik	96,23%	3,77%
MK5 MP5	150gr/ 3 menit 34 detik	96,72%	3,28%

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, kemampuan sistem pemisahan dalam memisahkan cangkang kuaci meningkat seiring perubahan konfigurasi yang digunakan. Pada variasi MP1, proses pemisahan belum berjalan dengan baik karena seluruh cangkang masih bercampur dengan inti biji. Kinerja sistem mulai meningkat pada variasi MP2 dengan persentase cangkang tertiuip berkisar antara 39,22% hingga 60,66%. Selanjutnya, pada variasi MP3 diperoleh hasil yang lebih baik dengan persentase cangkang tertiuip mencapai 77,08% hingga 93,75%, sehingga sebagian besar cangkang telah berhasil dipisahkan dari inti biji.

Hasil terbaik diperoleh pada variasi MP4 dan MP5, dimana persentase cangkang tertiuip mencapai 94,64% hingga 100%, sedangkan persentase cangkang yang masih ikut bersama inti biji sangat rendah, yaitu antara 0% hingga 5,36%. Nilai pemisahan tertinggi diperoleh pada konfigurasi MK1-MP4 dan MK1-MP5 dengan persentase cangkang tertiuip sebesar 100% dan tidak terdapat cangkang yang ikut bersama inti biji. Selain itu, waktu proses pada konfigurasi MK3, MK4, dan MK5 cenderung lebih singkat dibandingkan MK1 dan MK2, yaitu sekitar 2–4 menit. Hal ini menunjukkan bahwa sistem pemisahan yang dirancang mampu bekerja dengan baik dalam memisahkan cangkang dari inti biji kuaci, terutama pada konfigurasi MP4 dan MP5 yang menghasilkan tingkat pemisahan paling optimal.

A. Analisis pengaruh putaran baling-baling terhadap hasil pemisahan

Putaran baling-baling memiliki pengaruh yang signifikan terhadap keberhasilan proses pemisahan cangkang kuaci. Semakin tinggi putaran baling-baling, semakin besar kecepatan aliran udara yang dihasilkan sehingga gaya dorong dan gaya hambat (*drag force*) yang bekerja pada cangkang juga meningkat. Karena cangkang memiliki massa yang lebih

ringan dan luas permukaan yang lebih besar dibandingkan inti biji, cangkang akan lebih mudah terbawa oleh aliran udara menuju saluran pembuangan. Sebaliknya, inti biji yang memiliki massa lebih besar cenderung tetap jatuh pada jalur keluaran utama.

Pada putaran baling-baling yang rendah, seperti yang ditunjukkan pada konfigurasi MP1, aliran udara yang dihasilkan belum cukup kuat untuk mengangkat dan memindahkan cangkang, sehingga sebagian besar atau seluruh cangkang masih bercampur dengan inti biji. Ketika putaran baling-baling ditingkatkan pada konfigurasi MP2 dan MP3, persentase cangkang yang berhasil dipisahkan mengalami peningkatan yang cukup signifikan. Hal ini menunjukkan bahwa kecepatan udara mulai mampu mengatasi gaya berat cangkang sehingga proses pemisahan dapat berlangsung lebih efektif.

Kinerja pemisahan terbaik diperoleh pada konfigurasi MP4 dan MP5, dimana persentase cangkang tertiuap mencapai lebih dari 94%. Kondisi ini menunjukkan bahwa putaran baling-baling telah menghasilkan kecepatan udara yang sesuai untuk memisahkan cangkang tanpa menyisakan banyak cangkang pada jalur inti biji. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa peningkatan putaran baling-baling berbanding lurus dengan efektivitas pemisahan cangkang kuaci hingga mencapai kondisi optimum, dimana hampir seluruh cangkang berhasil dipisahkan dari inti biji.

B. Pembahasan hasil pemisahan

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, putaran baling-baling memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kinerja sistem pemisahan cangkang kuaci. Pada putaran 1115,7 RPM, aliran udara yang dihasilkan masih relatif rendah sehingga belum mampu memisahkan cangkang secara efektif. Kondisi ini menyebabkan sebagian besar cangkang masih bercampur dengan inti biji. Ketika putaran ditingkatkan menjadi 3948,8 RPM, kemampuan pemisahan mulai meningkat karena aliran udara yang dihasilkan mampu membawa sebagian cangkang menuju saluran pembuangan, meskipun masih terdapat cukup banyak cangkang yang ikut bersama inti biji.

Peningkatan putaran menjadi 6966,3 RPM menunjukkan hasil pemisahan yang lebih baik dibandingkan putaran sebelumnya. Pada kondisi ini, aliran udara yang dihasilkan sudah cukup kuat untuk memisahkan sebagian besar cangkang dari inti biji. Hal tersebut terjadi karena cangkang memiliki massa yang lebih ringan sehingga lebih mudah terbawa oleh aliran udara. Akibatnya, jumlah cangkang yang tertinggal pada jalur keluaran inti biji semakin berkurang dan efisiensi pemisahan mulai meningkat.

Hasil pemisahan terbaik diperoleh pada putaran 11246 RPM dan 14930 RPM. Pada kedua putaran tersebut, persentase cangkang yang berhasil dipisahkan mencapai lebih dari 94%, sedangkan jumlah cangkang yang masih ikut bersama inti biji sangat sedikit. Kondisi ini menunjukkan bahwa kecepatan aliran udara yang dihasilkan sudah mampu memanfaatkan perbedaan karakteristik massa antara cangkang dan inti biji secara optimal. Dengan demikian, semakin tinggi putaran baling-baling yang digunakan, semakin efektif proses pemisahan yang terjadi, sehingga diperoleh hasil pemisahan cangkang kuaci yang lebih baik.

8. Pengujian hasil pengupasan dan pemisahan

A. Pengujian kapasitas pengupasan dan pemisahan

Berdasarkan 25 kali percobaan yang telah dilakukan pada mesin pengupas kuaci, diperoleh data hasil pengujian yang digunakan untuk mengevaluasi kinerja alat dalam proses pengupasan dan pemisahan cangkang dari inti biji. Data tersebut diperoleh melalui pengamatan langsung terhadap hasil keluaran mesin pada setiap percobaan, kemudian dilakukan perhitungan untuk menentukan persentase hasil yang diperoleh sehingga tingkat keberhasilan proses dapat diketahui secara kuantitatif. Perhitungan persentase ini bertujuan untuk memberikan gambaran mengenai kemampuan mesin dalam menghasilkan inti biji yang terkelupas serta efektivitas sistem pemisahan dalam memisahkan cangkang dari inti biji. Melalui hasil perhitungan yang disajikan pada tabel, dapat dilakukan analisis terhadap performa mesin pada setiap percobaan, baik dari segi keberhasilan pengupasan maupun kualitas pemisahan yang dihasilkan. Data tersebut juga menjadi dasar untuk membandingkan hasil antarpercobaan sehingga dapat diketahui kondisi kerja yang memberikan kinerja terbaik. Dengan demikian, hasil pengujian dan perhitungan persentase yang diperoleh dapat digunakan untuk menilai efektivitas mesin pengupas kuaci secara keseluruhan serta mendukung analisis lebih lanjut terhadap performa alat yang telah dirancang.

Tabel 13. Hasil perhitungan pengujian kapasitas

Pengujian	Waktu pengupasan (g/s)	Presentase kupas (%)		Presentase pisah (%)	
		Biji utuh	Biji pecah	Cangkang tertiuap	Cangkang ikut biji
MK1 MP1	150g/11 menit 31 detik	42,77%	57,23%	0,00%	100,00%
MK1 MP2	150g/8 menit 12 detik	41,85%	58,15%	39,22%	60,78%
MK1 MP3	150g/10 menit 3 detik	38,46%	61,54%	89,33%	10,67%
MK1 MP4	150g/ 8 menit 17 detik	40,92%	59,08%	100,00%	0,00%
MK1 MP5	150g/ 8 menit 16 detik	49,23%	50,77%	100,00%	0,00%
MK2 MP1	150g/ 7 menit 21 detik	48,92%	51,08%	0,00%	100,00%
MK2 MP2	150g/ 4 menit 53 detik	39,08%	60,92%	43,18%	56,82%
MK2 MP3	150g/ 5 menit 54 detik	45,85%	54,15%	77,08%	22,92%
MK2 MP4	150g/ 5 menit 44 detik	49,54%	50,46%	68,75%	31,25%
MK2 MP5	150g/4 menit 56 detik	40,00%	60,00%	85,45%	14,55%
MK3 MP1	150g/ 1 menit 50 detik	37,23%	62,77%	48,81%	51,19%
MK3 MP2	150g/ 2 menit 49 detik	41,54%	58,46%	40,00%	60,00%
MK3 MP3	150g/ 3menit 37 detik	46,15%	53,85%	88,46%	11,54%
MK3 MP4	150g/ 2 menit 47 detik	44,62%	55,38%	97,83%	2,17%
MK3 MP5	150g/ 3 menit	40,62%	59,38%	96,00%	4,00%
MK4 MP1	150g/ 3menit 17 detik	61,54%	38,46%	0,00%	100,00%
MK4 MP2	150g/ 3 menit 34 detik	58,46%	41,54%	43,33%	56,67%
MK4 MP3	150g/ 3menit 27 detik	67,08%	32,92%	93,75%	6,25%
MK4 MP4	150g/ 2 menit 56 detik	59,69%	40,31%	94,64%	5,36%
MK4 MP5	150g/ 3 menit	59,08%	40,92%	94,64%	5,36%
MK5 MP1	150g/ 2 menit 20 detik	55,38%	44,62%	0,00%	100,00%
MK5 MP2	150g/ 2 menit 52 detik	49,85%	50,15%	60,66%	39,34%
MK5 MP3	150g/ 4 menit 20 detik	49,23%	50,77%	93,06%	6,94%
MK5 MP4	150g/ 4 menit 40 detik	50,77%	49,23%	96,23%	3,77%
MK5 MP5	150g/ 3 menit 34 detik	67,69%	32,31%	96,72%	3,28%

Hasil pengujian menunjukkan bahwa variasi putaran roll dan sistem pemisahan memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kualitas hasil yang diperoleh. Pada putaran roll yang rendah, proses pengupasan belum berlangsung secara optimal karena energi yang dihasilkan masih belum cukup untuk memecahkan cangkang secara efektif. Sebaliknya, peningkatan putaran yang terlalu tinggi cenderung meningkatkan risiko kerusakan pada inti biji akibat bertambahnya gaya tumbukan dan gesekan selama proses pengupasan berlangsung.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa variasi putaran roll (MK) dan sistem pemisahan (MP) memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kualitas hasil yang diperoleh. Pada putaran roll yang rendah, proses pengupasan belum berlangsung secara optimal karena putaran yang dihasilkan masih belum cukup untuk memecahkan cangkang secara efektif. Sebaliknya, peningkatan putaran yang terlalu tinggi cenderung

meningkatkan risiko kerusakan pada inti biji akibat bertambahnya gaya tumbukan dan gesekan selama proses pengupasan berlangsung.

Dari sisi sistem pemisahan, peningkatan variasi MP menunjukkan peningkatan kemampuan dalam memisahkan cangkang dari biji hasil pengupasan. Kondisi ini ditunjukkan oleh meningkatnya persentase cangkang yang berhasil tertiuip dan semakin kecilnya persentase cangkang yang masih terbawa bersama biji. Hasil tersebut mengindikasikan bahwa sistem pemisahan mampu bekerja lebih efektif seiring dengan meningkatnya kapasitas aliran udara yang digunakan.

Kinerja terbaik diperoleh pada kombinasi pengujian MK5 MP5. Pada kondisi ini diperoleh persentase biji utuh sebesar 67,69%, persentase biji pecah sebesar 32,31%, persentase cangkang tertiuip sebesar 96,72%, dan persentase cangkang yang masih tercampur dengan biji sebesar 3,28%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa kombinasi mekanisme pengupasan dan sistem pemisahan mampu bekerja secara optimal dalam menghasilkan inti biji yang tetap utuh sekaligus memisahkan cangkang secara efektif. Dengan demikian, kombinasi MK5 MP5 dapat dinyatakan sebagai kondisi operasi terbaik dari seluruh variasi pengujian yang dilakukan pada penelitian ini.

B. Analisis pembahasan hasil pengupasan dan pemisahan

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan yang dapat dilihat pada tabel 10 di atas, kualitas hasil akhir mesin pengupas kuaci bunga matahari dipengaruhi oleh kinerja dua subsistem utama, yaitu mekanisme pengupasan dan sistem pemisahan. Mekanisme pengupasan berfungsi memecahkan cangkang kuaci melalui kombinasi gaya tekan dan gaya gesek yang terjadi antara roll dan dinding pengupas. Setelah proses pengupasan berlangsung, sistem pemisahan berperan memisahkan cangkang dari inti biji menggunakan aliran udara yang dihasilkan oleh blower. Oleh karena itu, keberhasilan kerja mesin tidak hanya ditentukan oleh kemampuan mengupas cangkang, tetapi juga oleh kemampuan memisahkan hasil pengupasan secara efektif.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa variasi putaran roll memberikan pengaruh yang nyata terhadap kualitas pengupasan. Pada putaran yang rendah, energi yang diterima kuaci belum cukup untuk menghasilkan tekanan yang efektif sehingga sebagian cangkang tidak terpecah secara sempurna. Sebaliknya, peningkatan putaran roll mampu meningkatkan intensitas kontak antara kuaci dengan komponen pengupas sehingga proses pemecahan cangkang berlangsung lebih baik. Namun, peningkatan putaran tidak selalu menghasilkan kualitas pengupasan yang lebih tinggi. Jika putaran terlalu besar, gaya

tumbukan dan gesekan yang terjadi juga meningkat sehingga berpotensi menyebabkan kerusakan pada inti biji.

Selain sistem pengupasan, sistem pemisahan juga memberikan kontribusi yang besar terhadap kualitas hasil akhir. Pengujian menunjukkan bahwa peningkatan variasi MP mampu meningkatkan efektivitas pemisahan cangkang dari biji. Semakin tinggi putaran blower, semakin besar aliran udara yang dihasilkan sehingga cangkang yang memiliki massa lebih ringan dapat dipisahkan dengan lebih efektif. Kondisi ini ditunjukkan oleh meningkatnya persentase cangkang yang tertiuip dan menurunnya persentase cangkang yang masih tercampur dengan biji hasil pengupasan.

Secara keseluruhan, kombinasi performa terbaik diperoleh pada variasi MK5 MP5 dengan persentase biji utuh sebesar 67,69%, persentase biji pecah sebesar 32,31%, persentase cangkang tertiuip sebesar 96,72%, dan persentase cangkang yang masih ikut bersama biji sebesar 3,28%. Meskipun secara rata-rata kualitas pengupasan terbaik diperoleh pada MK4, kombinasi MK5 MP5 menghasilkan kualitas keluaran akhir yang paling baik setelah mempertimbangkan kinerja sistem pemisahan. Hal ini menunjukkan bahwa efektivitas sistem pemisahan mampu meningkatkan kualitas produk akhir yang dihasilkan oleh mesin secara keseluruhan.

Berdasarkan hasil tersebut dapat dipahami bahwa kinerja mesin pengupas kuaci merupakan hasil interaksi antara mekanisme pengupasan dan sistem pemisahan. Mekanisme pengupasan yang baik belum tentu menghasilkan kualitas produk akhir yang optimal apabila sistem pemisahan tidak mampu memisahkan cangkang dengan baik. Sebaliknya, sistem pemisahan yang efektif tidak dapat bekerja maksimal apabila kualitas pengupasan masih rendah. Oleh karena itu, optimasi kedua sistem secara bersamaan menjadi faktor penting dalam meningkatkan kualitas hasil pengupasan kuaci bunga matahari.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

1. Kesimpulan

Dari pembahasan di atas maka didapatkan data mekanik dan analisis yang dapat disimpulkan kinerja sistem pemisahan menggunakan beberapa konfigurasi RPM dapat juga menghasilkan kondisi yang berbeda, begitu juga beberapa pembahasan inti seperti:

- a. Pengaruh RPM terhadap gaya sehingga peningkatan RPM menaikkan kecepatan udara dan gaya drag secara kuadratik. Hal ini menyebabkan perubahan gaya menjadi signifikan pada RPM tinggi.
- b. Dasar mekanisme pemisahan sehingga cangkang memiliki rasio gaya *drag*/massa lebih besar dibanding inti akibat massa lebih kecil dan luas penampang lebih besar, sehingga lebih mudah terangkat oleh aliran udara.
- c. Peningkatan RPM berpengaruh terhadap peningkatan kecepatan aliran udara dan efektivitas pemisahan, tetapi diperlukan RPM yang optimal karena RPM rendah menghasilkan pemisahan yang kurang efektif, sedangkan RPM terlalu tinggi menyebabkan sebagian inti biji ikut terbawa bersama cangkang.
- d. Berdasarkan hasil pengujian dan analisis bilangan Reynolds, rentang RPM optimal untuk sistem pemisahan berada pada 7000–10000 RPM. Pada rentang ini, aliran udara berada pada kondisi transisi menuju turbulen yang mampu menghasilkan gaya *drag* optimal untuk memisahkan cangkang dari inti biji.
- e. Implikasi desain sehingga kinerja sistem ditentukan oleh perbedaan gaya antara inti dan cangkang, sehingga pengaturan RPM optimal menjadi kunci untuk mencapai pemisahan efektif dengan kehilangan minimal.
- f. Sistem pemisahan yang dirancang mampu memisahkan cangkang kuaci dari inti biji secara efektif menggunakan aliran udara. Hasil pengujian menunjukkan bahwa konfigurasi MP4 dan MP5 memberikan kinerja terbaik dengan persentase cangkang tertiuap mencapai 94,64%–100% dan persentase cangkang yang ikut bersama inti biji sangat rendah, sehingga menghasilkan proses pemisahan yang optimal.

2. Saran

Berdasarkan hasil dari penelitian yang telah dilakukan, beberapa saran yang dapat diberikan untuk pengembangan penelitian selanjutnya sebagai berikut:

- a. Penelitian selanjutnya disarankan untuk dapat merancang mesin pengupas biji bunga matahari untuk skala yang lebih besar dengan durasi pengupasan yang relatif singkat
- b. Penelitian selanjutnya disarankan untuk melakukan optimasi lebih lanjut terhadap putaran motor dan kecepatan aliran udara agar diperoleh kondisi operasi yang menghasilkan pemisahan cangkang dan inti biji secara lebih optimal. Pemilihan RPM yang tepat penting untuk meminimalkan cangkang yang tercampur maupun kehilangan inti biji selama proses pemisahan.
- c. Dikarenakan penelitian ini hanya berfokus pada perancangan mesin pengupas kuaci bunga matahari otomatis, penelitian selanjutnya disarankan untuk menguji dan mengembangkan mesin pada jenis biji lain seperti biji labu dan biji semangka dan lainnya.
- d. Untuk memperoleh analisis yang lebih mendalam mengenai distribusi aliran udara di dalam saluran pemisahan, penelitian berikutnya disarankan menggunakan simulasi *Computational Fluid Dynamics (CFD)*. Simulasi ini dapat membantu memahami karakteristik aliran secara lebih detail sebelum dilakukan pengujian fisik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] C. Bintoro, “Penerapan *Reverse Engineering* pada Analisa Tegangan Bracket Engine Mounting,” pp. 23–30.
- [2] V. S. Rahmadani and I. K. Raharjana, “Penerapan *reverse engineering* dalam penentuan pola interaksi sequence,” vol. 1, no. 1, pp. 25–32, 2015.
- [3] T. A. D. P, “Peran aktivitas *reverse engineering* pada Jurusan Teknik dan Desain di perguruan tinggi,” vol. 5, no. 2, pp. 101–106, 2022.
- [4] N. M. Attin, T. Industri, F. Teknik, U. M. Gresik, J. S. N. Gkb-gresik, and J. Timur, “Redesain kursi operator jahit dengan metode *reverse engineering* (studi kasus : UMKM Sidayu)”.
- [5] M. Furqon *et al.*, “Implementasi *Reverse Engineering* Pada Rancang Bangun Prototipe Rotary Joint Untuk Memasok Uap Panas Pada Mesin Double Drum Dryer,” pp. 242–256, 2021.
- [6] M. A. Hidayat and W. D. Lestari, “Prosthetic Foot Mold Making with Photogrammetry Based *Reverse Engineering* Method First Author et al ./ Jurnal Rekayasa Mesin,” vol. 20, no. 2, pp. 265–270, 2025, doi: <https://doi.org/10.32497/jrm.v20i2.6276>.
- [7] Dynatech, “*Reverse engineering* workflow,” p. 1, 2021, [Online]. Available: <https://dynatech-int.com/id/metode-reverse-engineering-dalam-industri-manufacture/>
- [8] A. I. Simanjuntak and R. Ardiarini, “Potensi Pengembangan Genotipe Bunga Matahari (*Helianthus annuus L .*) melalui Keragaman Genetik dan Pendugaan Nilai Heritabilitas Development Potential of Sunflower (*Helianthus annuus L .*) Genotype through Genetic Variability and Heritability Estimation,” vol. 12, no. 4, pp. 247–257, 2024.
- [9] R. Z. Rahadyana, K. S. Artini, and T. S. Wardani, “Uji aktivitas antioksidan ekstrak biji bunga matahari (*Helianthus annus L*) dengan menggunakan metode DPPH (1,1-DIPHENYL-2-PICRYL HYDRAZIL),” vol. 5, no. September, pp. 8049–8056, 2024.
- [10] Y. Nadila, “Rahasia Sehat dari Kuaci: Bantu Kulit Bersinar dan Tingkatkan Kekebalan Tubuh,” p. 1, 2024, [Online]. Available:

<https://nawacita.co/index.php/2024/09/01/rahasia-sehat-dari-kuaci-bantu-kulit-bersinar-dan-tingkatkan-kekebalan-tubuh/>

- [11] Jakartanotebook, “HALOJAJU Alat Pengupas Kuaci Otomatis Sunflower Seed Peeling Machine - HA-03 - Green,” 2026, [Online]. Available: <https://www.jakartanotebook.com/p/halojaju-alat-pengupas-kuaci-otomatis-sunflower-seed-peeling-machine-ha-03-green>
- [12] L. F. MACHINERY and L. Message, “How does a sunflower seed dehuller machine work,” 2022, [Online]. Available: https://www.nutmachines.com/blog/sunflower-seed-dehuller.html?utm_source=chatgpt.com
- [13] G. R. Nugraha, H. Abdillah, and B. Irawan, “Analisis Penggunaan Stainless Steel 304 Pada Mesin Heating Tank Di PT Pachira Distrinusa,” vol. 4, pp. 7823–7830, 2024.
- [14] J. Kajian *et al.*, “Analisis variasi waktu pada stainless steel 201 terhadap kekuatan tarik dengan menggunakan mesin spot welding”.
- [15] A. S. Umartono and D. Setiawan, “Analisa Laju Korosi Material Stainless Steel Grade SS304 dan Alloy UNS N08020 Terhadap Asam Sulfat dan Natrium Hidroksida,” vol. 09, pp. 39–43, 2020.
- [16] C. Pasaribu, R. Utami, and S. M. Arviansyah, “Daya Tarik Estetika dan Ketahanan dalam Desain Produk Akrilik di Kreasi Group,” vol. 5, no. 4, pp. 2861–2874, 2025.
- [17] Shasa, “Mengenal Lebih Dalam Tentang Akrilik,” 2026, [Online]. Available: <https://www.arsitag.com/media/akrilik-adalah/>
- [18] C. Asri, “Apa itu Polypropylene (PP)? Definisi, Jenis, & Keunggulannya,” 2025, [Online]. Available: <https://chandra-asri.com/id/blog/apa-itu-polypropylene>
- [19] N. Annazhifah, N. Nurlia, A. Nafisah, and D. Aisyah, “Jurnal Teknologi Pangan dan Gizi terhadap Analysis of the Type of Plastic Packaging on Quality Characteristics of Gipang during Storage Jurnal Teknologi Pangan dan Gizi,” vol. 23, no. 2019, pp. 130–136, 2024.
- [20] Y. S. Endang Achdia, 1, Hery Soenawanb, “Pengujian Performansi Model Turbin Angin Aliran Silang pada Kecepatan Angin 5 - 7 m/s,” vol. 22, pp. 263–268, 2024, doi: 10.71452/590796.
- [21] M. Ir., MT, Saiful Akmal* Nasrul Za, ST., MT, Ir. Ishak., “Analisa profil aliran fluida cair dan pressure drop pada pipa L menggunakan metode simulasi

- computational fluid dynamic (CFD),” vol. 1, no. Mei, pp. 97–108, 2019.
- [22] Muhnabil, “Definisi Fluida dan Jenis-Jenis Aliran Fluida,” p. 1, 2012, [Online]. Available: <https://muhnabil.wordpress.com/2012/06/26/definisi-fluida-dan-jenis-jenis-aliran-fluida/>
 - [23] A. P. Panjang *et al.*, “Analisa Pengaruh Panjang, Letak dan Geometri Lunas Bilga Terhadap Arah dan Kecepatan Aliran (Wake) Pada Kapal Ikan Tradisioal (Studi Kasus Kapal Tipe Kragan),” vol. 5, no. 1, pp. 345–352, 2017.
 - [24] P. Saint and P. Sorong, “Pengaruh bentuk benda uji terhadap pola aliran angin di ruang uji wind tunnel,” vol. 7, no. 1, pp. 37–46, 2022.
 - [25] P. A. Prasetyo, A. Burhanuddin, and A. Androva, “Analisis Aliran Udara Dalam Ruangan Anyelir Rumah Sakit dr . Gunawan Mangunkusumo Menggunakan Computation Fluid Dynamics,” vol. 6, no. 2, pp. 92–98, 2025.
 - [26] G. Pramuhadi, Z. M. Ayu, and A. J. Sidik, “Jurnal Agricultural Biosystem Engineering Desain dan Analisis Kinerja Air Blower Kipas Sentrifugal untuk Design and Analysis of Centrifugal Fan Air Blower for Weeds Controlling,” 2024, doi: <https://doi.org/10.23960/jabe.v3i2.9245>.
 - [27] J. P. Carrizo and V. Gonzalez, “Perilaku Aerodinamis Sepeda (Comportamiento Aerodinámico de una Bicicleta),” 2007, [Online]. Available: <https://ich1102g24.blogspot.com/2007/05/el-roce-aerodinmico-se-produce-por-la.html>
 - [28] BigWR, “Make a Kwaci peeler, Super high efficiency ! You Can Make it at Home,” 2019, [Online]. Available: <https://www.youtube.com/watch?v=T4f9HTY4ILE>
 - [29] TuahRaja, “Membuat mesin pengupas kuaci 1,” 2019, [Online]. Available: <https://youtu.be/-QbUHszm39w?si=QiibMMX0qGVu4yCf>
 - [30] Master key, “How to build a Sunflower seed peeling machine || Master key,” 2020, [Online]. Available: <https://www.youtube.com/watch?v=pUD22sU8oYU>

LAMPIRAN

1. Foto-foto pengujian

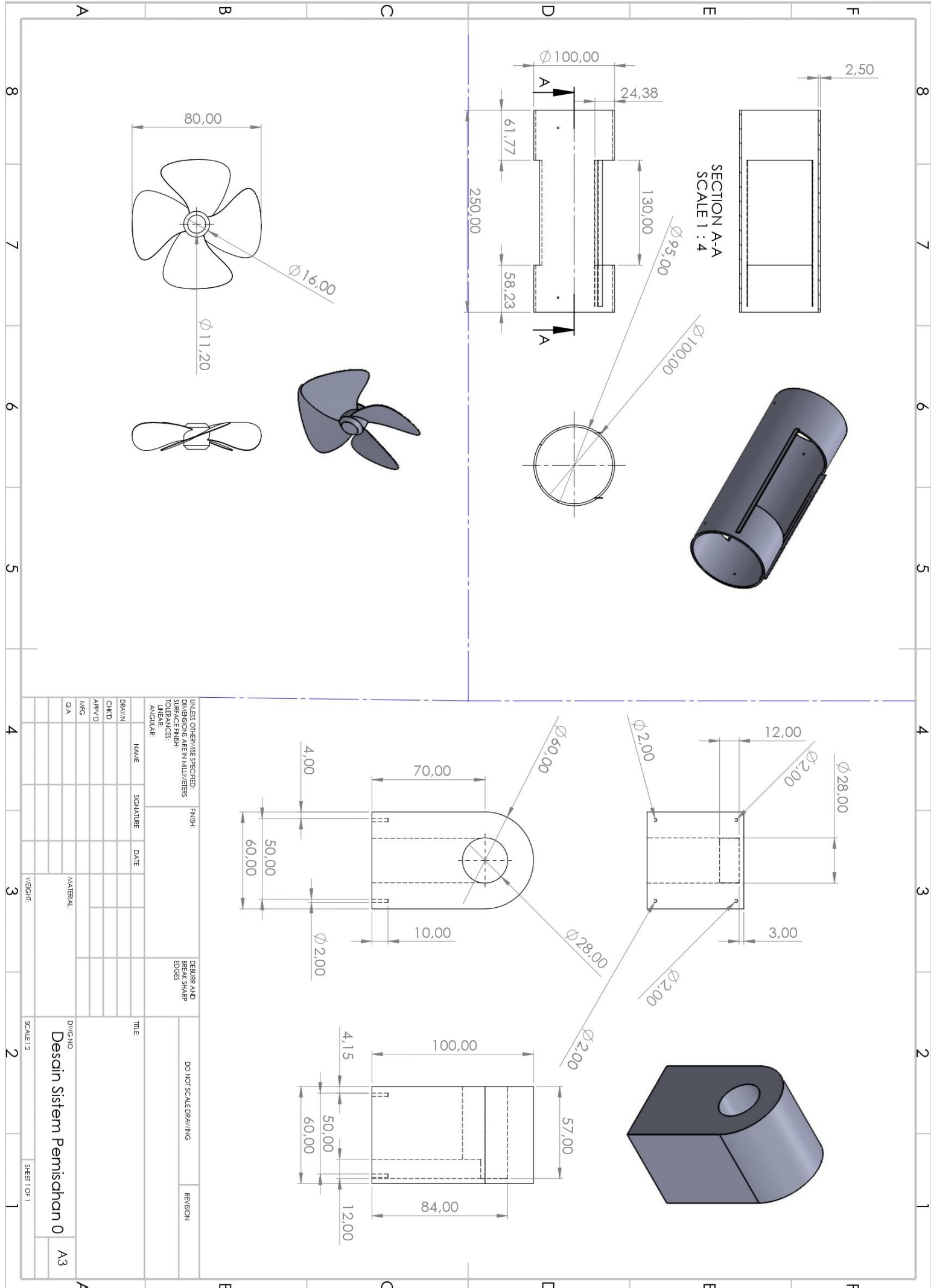
Pengujian ini dilakukan untuk menentukan presentase dari proses pengupasan dan pemisahan yang dilakukan dalam 25 konfigurasi pengujian yang dapat dilihat pada gambar



Gambar 38. Hasil pengujian

2. Gambar teknik

Gambar teknik yang digunakan untuk pembuatan prototipe. Pada gambar teknik ini terdapat beberapa komponen utama pada proses pemisahan diantaranya adalah baling-baling pemisahan, saluran pemisahan, danudukan motor pemisahan. Gambar teknik dapat dilihat pada gambar 39



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS				FINISH:	
SURFACE FINISH:				TO BE SHARP	
TOLERANCES:				UNLESS	
ANGULAR:				DEBURR AND	
				BREAK SHARP	
				EDGES	
				DO NOT SCALE DRAWING	
				REVISION	

DRAWN	NAME	SIGNATURE	DATE	TITLE
CHKD				
APVD				
MFG				
QA				

MATERIAL:		DIV/NO.	
		Descin Sistem Pemisahan 0	
		A3	
WEIGHT:		SCALE: 1:2	
		SHEET OF 1	