

LAPORAN PROYEK AKHIR

PERANCANGAN MESIN PEMBUAT PERMEN

Yoga Ali Prasetyo
NIM: 2121302052

Pembimbing
Jupri Yanda Zaira, S.T.,M.T.

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
POLITEKNIK CALTEX RIAU
2026

LAPORAN PROYEK AKHIR

PERANCANGAN MESIN PEMBUAT PERMEN



Di Susun oleh:

YOGA ALI PRASETYO

NIM:2121302052

Pembimbing

Jupri Yanda Zaira, S.T.,M.T.

PROGAM STUDI TEKNIK MESIN

POLITEKNIK CALTEX RIAU

PEKANBARU

2024

Politeknik Caltex Riau

HALAMAN PENGESAHAN

"PERANCANGAN MESIN PEMBUAT PERMEN"

YOGA ALI PRASETYO

NIM:2121302052

Proyek akhir ini disusun untuk memenuhi salah satu persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Terapan Teknik Mesin (S.Tr. T)

di Politeknik Caltex Riau

Pekanbaru, 21 Juli 2025

Disetujui oleh :

Jupri Yanda Zaira, S.T., M.T.
NIP. 078321

(Pembimbing)

Fortinov Akbar Irdam, S.T., M. Tech.
NIP. 249711

(Penguji 1)

Roni Novison , S.T., M.T.
NIP. 178506

(Penguji 2)

Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Mesin

Roni Novison, S.T., M.T.
NIP. 178506

PERNYATAAN

Dengan ini, saya menyatakan bahwa proyek akhir saya yang berjudul:

“PERANCANGAN MESIN PEMBUAT PERMEN”

adalah benar-benar hasil karya saya sendiri. Proyek ini tidak mengandung karya ilmiah atau tulisan yang pernah diajukan di perguruan tinggi manapun. Setiap kata yang saya tulis tidak mengandung plagiat, tidak pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali yang secara jelas saya acukan dan tercantum dalam daftar pustaka. Saya siap menanggung seluruh konsekuensi jika terbukti melakukan plagiat.

Pekanbaru, 10 September 2025

Yoga Ali Prasetyo

ABSTRAK

Proses produksi permen secara konvensional masih memiliki kendala efisiensi, terutama bagi Industri Kecil dan Menengah (IKM). Kondisi ini mendorong perancangan mesin pembuat permen yang lebih efisien dan terjangkau, khususnya pada tahapan pengadukan. Mesin ini didesain dengan dimensi ringkas 600 mm x 560 mm x 720 mm, menggunakan material utama plat *stainless steel* dan rangka besi siku. Mesin digerakkan oleh motor berkapasitas 0,5 hp dengan putaran 1450 rpm, di mana transmisi putaran menggunakan kombinasi V-belt dan rantai yang terhubung ke gearbox rasio 1:40. Perancangan mesin ini dilakukan dengan bantuan perangkat lunak SolidWorks, termasuk simulasi untuk menganalisis kekuatan struktur rangka dan sirip pengaduk. Hasil analisis menunjukkan bahwa rancangan mesin mampu bekerja secara aman dan efektif dalam mengolah adonan permen. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat menjadi solusi praktis bagi pelaku IKM untuk meningkatkan produktivitas dan kualitas produk mereka.

Kata Kunci: Mesin Pembuat Permen, Perancangan Mesin, SolidWorks, Simulasi

ABSTRACT

The conventional candy production process still faces efficiency constraints, especially for Small and Medium Enterprises (SMEs). This condition prompted the design of a more efficient and affordable candy-making machine, particularly for the mixing stage. The machine is designed with compact dimensions of 600 mm x 560 mm x 720 mm, primarily using stainless steel plates and angle iron frames. The machine is driven by a 0.5 hp motor with a rotational speed of 1450 rpm, where the power transmission uses a combination of V-belt and chain connected to a 1:40 ratio gearbox. The machine was designed with the help of SolidWorks software, including simulations to analyze the structural strength of the frame and the mixing fins. The analysis results indicate that the machine design can operate safely and effectively in processing candy dough. Thus, this research is expected to be a practical solution for SME players to improve their product productivity and quality.

Keywords: Candy-Making Machine, Machine Design, SolidWorks, Simulation

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT, karena berkat dan rahmat serta cinta kasihnya penulis dapat menyelesaikan laporan proyek akhir yang berjudul “PERANCANGAN MESIN PEMBUAT PERMEN”. Laporan proyek akhir ini disusun sebagai salah satu persyaratan untuk menyelesaikan jenjang Pendidikan Diploma IV pada program studi Teknik Mesin Politeknik Caltex Riau.

Dalam menyusun laporan proyek akhir ini, penulis banyak dibantu oleh berbagai pihak baik secara langsung maupun tidak langsung. Untuk itu pada kesempatan ini, penulis ingin mengucapkan terimakasih yang sedalam-dalamnya kepada:

1. Segala puji dan syukur hanya bagi Tuhan Allah SWT, oleh karena anugerah-Nya yang melimpah, kemurahan dan kasih setia yang besar sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan proyek akhir ini.
2. Kepada kedua orangtua penulis yang senantiasa mendukung, membantu dan mendoakan penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan proyek akhir ini.
3. Kepada kakak penulis, yang selalu mendukung dan memberikan semangat dalam penyusunan laporan proyek akhir ini hingga dapat diselesaikan.
4. Bapak Roni Novison, S.T., M.T. selaku Kepala Program Studi Teknik Mesin. yang telah memberikan arahan dan semangat dalam menyelesaikan laporan proyek akhir ini.
5. Bapak Jupri Yanda Zaira, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing penulis yang telah memberikan bimbingan dan arahan yang membangun kepada penulis selama proses pengerjaan laporan proyek akhir ini.
6. Bapak Fortinov Akbar Irdam, S.T., M.Tech. dan Bapak Roni Novison, S.T., M.T. selaku dosen penguji laporan

proyek akhir yang telah memberikan masukan dan arahan yang membangun untuk penulis.

7. Kepada seluruh teman-teman generasi 21 Teknik Mesin Politeknik Caltex Riau yang telah memberikan doa dan dukungan sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan proyek akhir ini.
8. Serta yang terakhir penulis ucapkan terimakasih dan apresiasi yang sebesar-besarnya untuk diri sendiri yang telah berhasil menyelesaikan salah satu chapter dari proses kehidupan yang telah dijalani, terimakasih karena telah bertahan dan tumbuh lebih baik setiap harinya terlepas dari hal buruk yang mana dapat dipetik hikmahnya serta harapannya semoga akan terus berkembang dan bermimpi besar dengan disertai aksi serta menjadi manusia yang berguna.

Penulis menyadari bahwa dalam laporan proyek akhir ini masih banyak terdapat kekurangan dan masih jauh dari kata sempurna, maka dari itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun agar memotivasi penulis untuk menjadi lebih baik lagi di masa yang akan datang. Penulis berharap agar laporan proyek akhir ini dapat bermanfaat bagi penulis dan pembaca.

Pekanbaru, 10 September 2025

Yoga Ali Prasetyo

DAFTAR ISI

PERNYATAAN	iv
ABSTRAK.....	v
ABSTRACT.....	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABLE.....	xiv
BAB I.....	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Batasan Masalah	4
1.4 Tujuan dan Manfaat.....	4
1.4.1 Tujuan	4
1.4.2 Manfaat	4
1.5 Sistematika Penulisan	5
BAB II.....	8
TINJAUAN PUSTAKA	8
2.1 Penelitian Terdahulu.....	8
2.2 Landasan Teori.....	11
2.2.1 Permen	11
2.2.2 Motor AC	12
2.2.3 Rangka	13
2.2.4 Poros	14

2.2.5	Plat	17
2.2.6	Baut dan Mur	18
2.2.7	Gearbox.....	19
2.2.8	V-Belt.....	20
2.2.9	Pulley	27
2.2.10	Bantalan	30
BAB III		34
PERANCANGAN		34
3.1	Flowchart Penelitian	35
3.2	Perancangan Mesin Pembuat Permen (Assembly 3D)	37
3.3	Perancangan Komponen	38
3.3.1	Rangka	38
3.3.2	Wajan	39
3.3.3	Sirip Pengaduk	40
3.4	Perhitungan Mekanik	40
3.4.1	Perhitungan Gaya Gesek (F_k)	41
3.4.2	Menghitung Gaya Gula (F_g)	43
3.4.3	Gaya Gabungan ($F_G = \mu_p \times g + g \times \mu_w$)	44
3.4.4	Gaya Total (F_t)	44
3.4.4	Torsi (T_k)	45
3.4.5	Torsi Motor (T_m)	46
3.4.6	Sudut Kecepatan Motor (ω)	46
3.4.7	Daya Motor (P_m)	47
3.4.8	Daya Rencana (P_d)	47
3.4.9	Torsi Pada Poros Mesin (T)	47

3.4.10	Diameter Poros Mesin Pengaduk	48
3.4.11	Pemilihan Sabuk – V (Belt)	49
3.4.13	Perhitungan Sabuk Pulley	50
3.4.14.	Perancangan sirip Pengaduk	52
3.4.15	Perancangan Wajan.....	55
3.4.16	Perancangan Ketebalan Wajan Berdasarkan Konduksi dan Konveksi Panas.....	56
3.5	Simulasi Rangka Dan Sirip Pengaduk	60
3.5.1	Langkah Kerja Simulasi Rangka Mesin Pembuat Permen	60
3.5.2	Langkah Kerja Simulasi Sirip Pengaduk Mesin Pembuat Permen	65
3.6	Metode Pengujian	71
BAB IV		74
PENGUJIAN <i>SIMULASI SOLIDWORKS</i>		74
4.1	Pembuatan Mekanik Mesin Pembuat Permen...	74
4.2	Hasil Simulasi dan Analisis Kekuatan	77
4.2.1	Rangka	77
4.2.1.1	Analisa Distribusi Beban Pada Rangka.....	79
4.2.2	Sirip Pengaduk.....	81
4.2.2.1	Analisa Distribusi Beban pada Sirip Pengaduk	83
DAFTAR PUSTAKA		88
LAMPIRAN.....		91

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Motor AC (Suprianto, 2015).....	13
Gambar 2. 2 Rangka (Putro, 2009).....	14
Gambar 2. 3 Pelat (Ali, 2010).....	18
Gambar 2. 4 Baut dan Mur (Sutomo, 2018)	19
Gambar 2. 5 Gearbox (Munte, 2018).....	20
Gambar 2. 6 V-Belt (Samhuddin, Muhammad, & Jamiluddin, 2018).....	21
Gambar 2. 7 Diagram Pemilihan Sabuk-V	22
Gambar 2. 8 Dimensi Nominal Pulley	29
Gambar 2. 9 Pulley (Syafrizal & Supriyanto, 2017).....	30
Gambar 2. 10 Bantalan	31
Gambar 3. 1 Flowchart Penelitian.....	36
Gambar 3. 2 Desain Assembly Mesin (3D isometri SolidWorks).....	37
Gambar 3. 3 Rangka 3D.....	39
Gambar 3. 4 Wajan 3D	39
Gambar 3. 5 Sirip Pengaduk 3D	40
Gambar 3. 6 Massa Poros	42
Gambar 3. 7 Massa Mata Pengaduk.....	42
Gambar 3. 8 Massa Sprocket	43
Gambar 3. 9 Jari-Jari sirip Pengaduk.....	46
Gambar 3. 10 Pulle	50
Gambar 3. 11 simulasi sirip pengaduk.....	54
Gambar 3. 12 simulasi wajan.....	56
Gambar 3. 13 Sistem Pelelehan	60
Gambar 3. 14 Solidworks	61
Gambar 3. 15 Insert desain	61
Gambar 3. 16 New study	61
Gambar 3. 17 Input Material.....	62

Gambar 3. 18 Pemilihan Fixed Geometri	62
Gambar 3. 19 gravity	63
Gambar 3. 20 Pemilihan pada dudukan motor.....	63
Gambar 3. 21Pemilihan farce pada dudukan wajan dan cover	64
Gambar 3. 22 create mesh.....	64
Gambar 3. 23 mesh	65
Gambar 3. 24 run study.....	65
Gambar 3. 25 solidworks	66
Gambar 3. 26 solidworks add-ins	66
Gambar 3. 27 new study	67
Gambar 3. 28 apply material.....	67
Gambar 3. 29 fixed Geometry.....	68
Gambar 3. 30 gravity	68
Gambar 3. 31 Pemilihan arah force	69
Gambar 3. 32 create mesh.....	69
Gambar 3. 33 mesh density.....	70
Gambar 3. 34 run study.....	70
Gambar 4. 1 Hasil Simulasi Displacement	77
Gambar 4. 2 Hasil Simulasi Strain.....	78
Gambar 4. 3 Hasil Simulasi Stress.....	79
Gambar 4. 4 Grafik Data Tegangan Geser.....	80
Gambar 4. 5 Data Simulasi Displacement	81
Gambar 4. 6 Data Simulasi Strain.....	82
Gambar 4. 7 Data simulasi Stress	83
Gambar 4. 8 Grafik Data Tegangan Geser.....	84

DAFTAR TABLE

Table 2. 1 Faktor ASME	15
Table 2. 2 Faktor Koreksi Berdasarkan Variasi Beban.....	23
Table 2. 3 Kapasitas daya yang ditransmisikan untuk satu sabuk tunggal (kw).....	24
Table 2. 4 Panjang sabuk V standart.....	25
Table 2. 5 Faktor koreksi ($k\theta$)	26
Table 2. 6 Diameter Pulley yang diizinkan.....	28
Table 2. 7 Ukuran Pulley-V	28
Table 2. 8 8Faktor V, X, Y dan X0, Y0	32
Table 2. 9 Unit Number bearing	33
Table 3. 1 Data Desain.....	71
Table 3. 2 Data Kekuatan Rangka	72
Table 3. 3 Data Kekuatan sirip Pengaduk.....	73
Table 4. 1 Data Desain dan aktual	75
Table 4. 2 Data Kekuatan Rangka	80
Table 4. 3 Data kekuatan Sirip Pengaduk	84

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia dikenal sebagai salah satu penghasil gula tebu terbesar di Asia Tenggara. Pada tahun 2022, luas area perkebunan tebu di Indonesia tercatat mencapai 430.000 hektar, dengan produksi utama berasal dari Provinsi Jawa Timur, yang menyumbang hampir 50% dari total produksi nasional (BPS, 2022). Potensi besar ini memberikan peluang besar untuk mengembangkan produk olahan berbasis gula tebu, seperti permen, yang tidak hanya mendukung sektor pertanian tetapi juga menciptakan nilai tambah bagi industri pengolahan makanan. Dengan memanfaatkan bahan baku lokal, pelaku usaha dapat menghasilkan produk berkualitas tinggi sekaligus memperkuat daya saing di pasar domestik maupun internasional.

Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS), rata-rata konsumsi gula pasir per kapita di Indonesia pada tahun 2022 adalah sekitar 1,654 ons per minggu, atau setara dengan 6,87 kilogram per tahun per kapita. Tingginya konsumsi ini mengindikasikan bahwa gula pasir adalah bahan pangan pokok yang tidak terpisahkan dari masyarakat Indonesia. Di sisi lain, data produksi gula tebu nasional pada tahun yang sama mencapai 2,12 juta ton, sementara kebutuhan nasional melebihi 3 juta ton. Kekurangan ini sering kali diatasi dengan impor gula dari luar negeri. Fakta ini menunjukkan bahwa gula merupakan komoditas strategis yang memiliki peluang besar untuk dikembangkan lebih lanjut, khususnya dalam sektor industri makanan dan minuman, termasuk produksi permen berbasis gula.

Permen merupakan salah satu produk makanan ringan yang digemari oleh berbagai kalangan di Indonesia. Selain menawarkan

rasa manis yang khas, permen juga menjadi simbol kenikmatan sederhana yang dapat dinikmati kapan saja. Di industri makanan, produk berbahan dasar gula memiliki pangsa pasar yang signifikan. Namun, produksi permen yang ada saat ini umumnya masih didominasi oleh pabrik-pabrik besar yang hanya berfokus pada beberapa jenis dan varian rasa tertentu. Hal ini membatasi keberagaman produk yang tersedia di pasaran. Oleh karena itu, inovasi teknologi berupa mesin pembuat permen yang *fleksibel* dan dapat menghasilkan berbagai variasi rasa sesuai dengan kebutuhan menjadi solusi penting untuk mendukung diversifikasi produk serta meningkatkan daya saing di pasar.

Sejumlah penelitian sebelumnya telah menunjukkan pentingnya perancangan mesin pembuat permen yang efisien secara mekanis dan termal. Menurut Andriani dan Setiawan (2020), mesin pembuat permen berbasis pemanas LPG memberikan efisiensi energi dan pengaturan suhu yang lebih stabil dibandingkan proses manual. Selain itu, Ridwan dan Soemarno (2019) menyatakan bahwa penggunaan motor listrik dan sistem transmisi V-belt dalam permesinan mampu meningkatkan homogenitas adonan serta mengurangi waktu produksi hingga 40%. Studi-studi ini menunjukkan bahwa pengembangan mesin pembuat permen memiliki landasan teknis yang kuat dan relevan sebagai acuan dalam proyek ini.

Di antara wilayah di Provinsi Riau, Kota Pekanbaru memiliki kontribusi yang sangat kecil terhadap produksi nanas. Berdasarkan data BPS tahun 2020, produksi nanas di Pekanbaru hanya sekitar 224 ton, atau kurang dari 0,02% dari total produksi provinsi. Hal ini disebabkan oleh terbatasnya lahan pertanian akibat dominasi lahan untuk permukiman dan infrastruktur. Meski demikian, Pekanbaru memiliki potensi dalam pengembangan pertanian urban. Salah satunya adalah program budidaya nanas madu secara hidroponik di Lapas Pekanbaru yang berfungsi sebagai pelatihan keterampilan warga binaan. Keberhasilan ini menunjukkan bahwa budidaya nanas di wilayah perkotaan tetap memungkinkan melalui

pemanfaatan lahan terbatas dan teknologi pertanian modern. Oleh karena itu, Pekanbaru berpotensi menjadi model pengembangan pertanian urban berbasis nanas berskala kecil hingga menengah yang inovatif dan memberdayakan masyarakat.

Selain itu, berdasarkan hasil observasi lapangan pada kelompok tani di wilayah Kab. Kampar, Rimbo Panjang 2025, panen nanas dapat mencapai 1.800 buah per minggu. Namun, tidak semua buah tersebut dapat terdistribusi secara optimal karena keterbatasan pasar dan jalur distribusi. Untuk menjawab permasalahan ini, pengembangan mesin pembuat permen rasa nanas menjadi solusi yang tepat untuk mengolah kelebihan produksi buah menjadi produk bernilai tambah dan berdaya simpan lebih lama.

Proses pembuatan permen secara konvensional, baik jenis keras maupun lunak, memerlukan tahapan yang presisi dalam hal suhu dan pengadukan. Permen keras, misalnya, dimasak hingga suhu 145–150°C (tahap *hard crack*) dan harus dibiarkan tanpa pengadukan pada suhu tinggi untuk mencegah pengkristalan. Sementara itu, permen lunak dipanaskan pada suhu 120–130°C (*firm ball stage*) dan harus terus diaduk secara perlahan agar tidak gosong serta menjaga kekenyalan. Durasi pengadukan pun berbeda: permen keras membutuhkan ± 7 –10 menit pengadukan lambat, sementara permen lunak memerlukan ± 15 –20 menit pengadukan sedang dan terus-menerus. Tantangan seperti pengendalian suhu, waktu, dan kekonsistenan tekstur membuat proses ini sulit dilakukan secara manual dalam skala besar. Oleh karena itu, mesin pembuat permen yang dapat mengotomatiskan proses pemanasan dan pengadukan menjadi solusi penting. Dengan dukungan desain yang tepat, mesin ini tidak hanya mendukung efisiensi produksi, tetapi juga menjaga mutu produk agar sesuai dengan standar industri makanan yang kompetitif di pasar lokal maupun global.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana merancang mesin pembuat permen yang mampu mencampur dan memanaskan bahan secara efisien dan konsisten?
2. Bagaimana memanfaatkan bahan lokal seperti sari buah nanas dalam proses produksi permen untuk meningkatkan nilai tambah?

1.3 Batasan Masalah

Adapun Batasan masalah dalam proyek akhir ini adalah:

1. Penelitian ini hanya berfokus pada pencampuran antara gula dan air sebagai bahan dasar pembuatan permen.
2. Mesin ini hanya dirancang untuk memproduksi 1kg permen dalam sekali produksi.

1.4 Tujuan dan Manfaat

1.4.1 Tujuan

1. Merancang Mesin Pembuat Permen untuk Menghasilkan Campuran yang Baik
2. Merancang Proses Pengadukan yang Efektif
3. Merancang Proses Pelelehan Gula menjadi Caramel yang Tepat

1.4.2 Manfaat

1. Mesin yang efisien dalam mengolah bahan baku akan mengurangi pemborosan, sehingga dapat memaksimalkan penggunaan sumber daya dan menurunkan biaya produksi.
2. Penelitian ini memungkinkan permen yang dihasilkan memiliki kualitas yang konsisten, dengan tekstur dan rasa yang terjaga secara optimal.

3. Mesin yang dirancang dapat mempercepat proses pembuatan permen, mengurangi waktu produksi dan penggunaan energi, serta meningkatkan kapasitas produksi.

1.5 Sistematika Penulisan

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini menjelaskan mengenai latar belakang permasalahan yang menjadi dasar dilaksanakannya penelitian, rumusan masalah yang dirumuskan sebagai pertanyaan penelitian, batasan masalah untuk mempertegas ruang lingkup kajian agar tidak meluas ke aspek yang tidak relevan, serta tujuan dan manfaat penelitian yang diharapkan dapat dicapai baik bagi penulis maupun bagi pihak lain yang berkepentingan. Pada akhir bab ini juga dipaparkan sistematika penulisan tugas akhir, sehingga pembaca dapat memahami alur penyusunan laporan dari awal hingga akhir.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini menyajikan uraian secara lebih mendalam mengenai penelitian terdahulu yang relevan dengan topik, serta landasan teori yang digunakan sebagai acuan teknis dan ilmiah dalam menyelesaikan masalah penelitian. Pembahasan meliputi teori dasar tentang proses pembuatan permen, prinsip kerja sistem pemanas dan pengadukan, serta penjelasan rinci mengenai komponen utama mesin seperti motor listrik, gearbox, V-belt, pulley, poros, bantalan, dan rangka. Dengan adanya tinjauan pustaka ini, penelitian memiliki pijakan ilmiah yang kuat sekaligus menjadi referensi dalam proses perancangan mesin.

BAB III PERANCANGAN

Bab ini menguraikan proses perancangan mesin pembuat permen secara sistematis, dimulai dari penyusunan flowchart penelitian untuk menggambarkan alur kerja, kemudian dilanjutkan dengan perancangan desain assembly mesin menggunakan

perangkat lunak SolidWorks. Selanjutnya dijelaskan pula perancangan masing-masing part utama, seperti rangka, wajan, dan sirip pengaduk, termasuk pertimbangan pemilihan material, dimensi, serta metode manufaktur yang sesuai. Bab ini juga memuat perhitungan mekanik untuk memastikan kekuatan dan keamanan setiap komponen, serta simulasi awal yang digunakan sebagai validasi sebelum mesin difabrikasi. Dengan demikian, bab ini menjadi inti dari rancangan teknis yang akan menjadi dasar implementasi.

BAB IV PENGUJIAN SIMULASI SOLIDWORKS

Bab ini berisi pembahasan mengenai hasil pengujian menggunakan perangkat lunak SolidWorks, khususnya terkait dengan distribusi beban, tegangan, deformasi, serta faktor keamanan pada rangka dan sirip pengaduk. Data hasil simulasi kemudian dianalisis untuk menilai apakah desain yang dibuat telah memenuhi kriteria kekuatan, keamanan, dan efisiensi kerja. Analisis ini bertujuan untuk memberikan gambaran sejauh mana desain yang dirancang dapat berfungsi sesuai dengan kebutuhan, serta menjadi landasan dalam menentukan perbaikan atau penyempurnaan apabila ditemukan kekurangan. Dengan adanya bab ini, rancangan mesin dapat dipastikan layak secara struktural sebelum masuk tahap fabrikasi nyata.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab terakhir ini menyajikan kesimpulan yang diperoleh dari seluruh rangkaian penelitian, mulai dari hasil perancangan, perhitungan mekanik, hingga pengujian simulasi. Kesimpulan dirumuskan berdasarkan pencapaian tujuan penelitian serta temuan yang diperoleh selama proses analisis. Selain itu, bab ini juga memuat saran yang ditujukan untuk pengembangan penelitian di masa depan, baik dari segi desain mesin, metode pengujian, maupun pemanfaatan teknologi pendukung lainnya. Dengan adanya kesimpulan dan saran, laporan penelitian ini diharapkan dapat

memberikan kontribusi nyata sekaligus membuka peluang perbaikan serta inovasi pada penelitian selanjutnya.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Penelitian yang dilakukan oleh Wongsiriamnouy, T., dkk. (2022) melakukan penelitian yang berfokus pada evaluasi efisiensi mesin pembuat permen jahe dengan meninjau pengaruh variasi daya motor terhadap kapasitas produksi. Dalam penelitian tersebut, mesin diuji menggunakan beberapa tingkat daya motor untuk menentukan pengaruhnya terhadap kecepatan produksi dan konsumsi energi. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa semakin besar daya motor yang digunakan, semakin tinggi pula kapasitas produksi yang dicapai. Namun, peningkatan kapasitas tersebut diikuti dengan kenaikan konsumsi energi yang cukup signifikan. Temuan ini memberikan gambaran bahwa dalam perancangan mesin pembuat permen, pemilihan spesifikasi daya motor harus memperhatikan keseimbangan antara produktivitas yang diinginkan dengan efisiensi energi dan biaya operasional.

Penelitian yang dilakukan oleh Hendrawan, H., dkk. (2016) meneliti optimasi proses pembuatan permen susu menggunakan *evaporator vakum waterjet* dengan sistem pengendali suhu berbasis *fuzzy logic*. Metode yang digunakan adalah *Response Surface Methodology – Central Composite Design (RSM-CCD)* untuk menemukan kombinasi variabel proses yang paling efektif. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengaturan suhu yang tepat serta kecepatan pengadukan yang sesuai mampu menghasilkan permen susu dengan kualitas tekstur dan rasa yang lebih baik. Selain itu, penerapan kendali cerdas mampu menekan penggunaan energi secara signifikan. Penelitian ini menegaskan bahwa dalam proses pembuatan permen, faktor suhu dan kecepatan pengadukan merupakan parameter kunci yang memengaruhi kualitas produk sekaligus efisiensi energi.

Penelitian yang dilakukan oleh Carson, J. K. (2015) mengkaji pengukuran dan prediksi konduktivitas termal pada bahan pangan berbentuk partikel. Penelitian ini penting karena perpindahan panas merupakan faktor utama dalam proses pengolahan makanan, termasuk pembuatan permen. Hasil penelitian menunjukkan bahwa konduktivitas termal dipengaruhi oleh ukuran partikel, kadar air, dan komposisi bahan. Temuan ini menjadi dasar penting dalam memilih material pemanas mesin permen agar pemanasan dapat berlangsung lebih cepat, merata, dan hemat energi.

Penelitian yang dilakukan oleh Ardiansyah, R., dkk. (2013) berfokus pada rancang bangun sistem pengaduk adonan dodol dengan kecepatan konstan dan torsi *adaptif*. Masalah yang sering muncul adalah perubahan *viskositas* adonan yang menyebabkan ketidakstabilan putaran pengaduk. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem dengan pengaturan torsi adaptif mampu menjaga kestabilan pengadukan meskipun beban adonan berubah, sehingga adonan menjadi lebih *homogen* dan risiko gosong dapat berkurang. Prinsip ini relevan dengan pengembangan mesin pembuat permen yang membutuhkan proses pengadukan stabil.

Penelitian yang dilakukan oleh Triyaananta, R. F., dan Ilham, M. M. (2024) meneliti analisis kebutuhan daya pada mesin pengaduk adonan permen tape dengan kapasitas 20 kg. Penelitian ini dirancang untuk mengidentifikasi hubungan antara kapasitas produksi, kekentalan adonan, dan kebutuhan daya motor. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kebutuhan daya motor meningkat seiring bertambahnya kapasitas dan kekentalan adonan. Dengan demikian, pemilihan spesifikasi motor harus mempertimbangkan skala produksi agar mesin bekerja efisien.

Penelitian yang dilakukan oleh Chen, A. H., dkk. (1979) membahas pengukuran konduktivitas termal pada produk susu. Fokus penelitian ini adalah pengaruh kandungan air terhadap kemampuan perpindahan panas. Hasil penelitian menunjukkan bahwa produk dengan kadar air tinggi memiliki konduktivitas

termal lebih baik, sehingga proses pemanasan menjadi lebih cepat. Temuan ini relevan dengan desain mesin pembuat permen, di mana karakteristik bahan dasar sangat memengaruhi efisiensi proses pemanasan.

Penelitian yang dilakukan oleh Ramadani, L. A., dan Ilham, M. M. (2024) membahas rancang bangun komponen pengaduk adonan permen tape kapasitas 20 kg. Fokus penelitian ada pada desain mekanis pengaduk agar mampu menghasilkan adonan homogen dalam waktu singkat. Hasil penelitian menunjukkan bahwa bentuk dan dimensi pengaduk memengaruhi distribusi gaya geser, yang berdampak pada efisiensi pengadukan. Dengan desain pengaduk yang tepat, kualitas produk lebih baik dan konsumsi energi lebih rendah.

Penelitian yang dilakukan oleh Yadav, A. K., dan Rajan, K. (2016) berfokus pada desain dan pengembangan mesin pembuat permen dengan menilai pengaruh spesifikasi daya motor terhadap kapasitas produksi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan motor dengan daya yang sesuai menghasilkan produk permen dengan kualitas konsisten sekaligus menjaga efisiensi energi. Penelitian ini menekankan pentingnya keseimbangan antara spesifikasi daya motor dengan produktivitas mesin.

Penelitian yang dilakukan oleh Shariaty-Niassar, M., dkk. (2000) mengembangkan metode pengukuran konduktivitas termal bahan pangan pada kondisi pemanasan dan tekanan tinggi. Probe khusus dikembangkan untuk memperoleh data termal yang akurat dalam kondisi ekstrem. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemahaman karakteristik termal bahan pangan sangat penting dalam perancangan mesin pemanas. Dengan metode ini, pemilihan material pemanas dapat lebih tepat sehingga efisiensi energi meningkat.

Penelitian yang dilakukan oleh Alfari, S., dkk. (2019) membahas perencanaan mesin pengaduk adonan kerupuk jenis paddle untuk industri rumah tangga. Penelitian ini bertujuan

merancang sistem pengaduk sederhana yang efisien dalam mencampur adonan secara merata. Hasil penelitian menunjukkan bahwa desain paddle mixer yang sesuai mampu menghasilkan adonan homogen dengan konsumsi energi rendah. Meskipun penelitian ini diterapkan pada industri kerupuk, prinsip perancangannya relevan bagi mesin pembuat permen, terutama dalam hal efisiensi energi dan homogenitas adonan.

2.2 Landasan Teori

Permen adalah produk makanan manis yang dibuat dari bahan dasar gula dan air yang dipanaskan hingga mencapai konsistensi tertentu. Dalam prosesnya, gula dilarutkan dalam air dan dipanaskan hingga suhu tinggi, kemudian didinginkan untuk membentuk tekstur yang diinginkan, baik itu keras, kenyal, atau rapuh. Tekstur permen bergantung pada suhu pemanasan dan kadar air yang tersisa setelah proses perebusan. Misalnya, pemanasan hingga sekitar 160°C menghasilkan permen keras (*hard candy*), sementara suhu yang lebih rendah menghasilkan permen yang lebih lunak. Permen jenis ini sering dikonsumsi sebagai camilan sederhana tanpa tambahan bahan lain.

2.2.1 Permen

Permen adalah produk makanan manis yang dibuat dari bahan dasar gula dan air yang dipanaskan hingga mencapai konsistensi tertentu. Dalam prosesnya, gula dilarutkan dalam air dan dipanaskan hingga suhu tinggi, kemudian didinginkan untuk membentuk tekstur yang diinginkan, baik itu keras, kenyal, atau rapuh. Tekstur permen bergantung pada suhu pemanasan dan kadar air yang tersisa setelah proses perebusan. Misalnya, pemanasan hingga sekitar 160°C menghasilkan permen keras (*hard candy*), sementara suhu yang lebih rendah menghasilkan permen yang lebih lunak. Permen jenis ini sering dikonsumsi sebagai camilan sederhana tanpa tambahan bahan lain.

2.2.2 Motor AC

Motor AC adalah motor listrik yang menggunakan tegangan arus bolak-balik (AC), terdiri dari dua komponen utama yaitu stator yang tetap diam dan rotor yang berputar saat motor beroperasi.

Komponen utama motor AC sinkron terdiri dari:

1. Rotor, perbedaan utama antara motor sinkron dan motor induksi terletak pada kecepatan rotornya. Pada motor sinkron, rotor berputar dengan kecepatan yang sama dengan medan magnet yang berputar. Hal ini terjadi karena medan magnet pada rotor tidak diinduksi, melainkan berasal dari magnet permanen atau arus DC yang dialirkan, sehingga rotor "terkunci" dalam posisi tertentu saat berinteraksi dengan medan magnet lain.
2. Stator, stator berfungsi untuk menghasilkan medan magnet berputar yang sebanding dengan frekuensi arus listrik yang diberikan.

Rumus untuk perhitungan torsi motor AC adalah (Sularso, Kiyokatsusga 2004):

$$a) \quad T_k = T_{Total} \times r \dots\dots\dots (2.1)$$

$$b) \quad F_t = F_k + F_g + F_G = \mu_p \times g + g \times \mu_w \dots\dots\dots (2.2)$$

$$c) \quad T_m = \frac{T_k}{i_1 \cdot i_2} \dots\dots\dots (2.3)$$

Untuk menghitung Daya yang diperlukan pada Motor menggunakan rumus:

$$d) \quad \omega = 2 \cdot \pi \cdot \frac{n}{60} \dots\dots\dots (2.4)$$



Gambar 2. 1 Motor AC (Suprianto, 2015)

2.2.3 Rangka

Rangka berperan sebagai penopang sekaligus tempat dudukan bagi komponen-komponen dalam alat pengujian. Sebuah instrumen pengujian yang baik harus dilengkapi dengan kerangka yang kuat dan stabil agar mampu menahan beban serta meredam getaran yang dihasilkan saat alat beroperasi. Rangka juga berfungsi sebagai dudukan untuk semua bagian mesin, baik yang bergerak maupun yang tidak bergerak. Oleh karena itu, pembuatan rangka yang kokoh sangat penting, dan bahan yang digunakan biasanya berupa baja karbon rendah yang dibentuk dengan sudut 90 derajat. Profil yang digunakan adalah besi siku dan besi hole U.

Proses pembuatan rangka dimulai dengan pemotongan bahan menggunakan alat cutting wheel, sesuai dengan ukuran yang sudah ditentukan dalam rancangan. Selanjutnya, rangka tersebut disambung menggunakan teknik las listrik untuk memastikan kekuatan dan kestabilannya. Pemilihan jenis profil rangka yang sesuai merupakan bagian penting dalam proses perancangan untuk memastikan ketahanan dan keefektifan mesin yang akan dibuat.



Gambar 2. 2 Rangka

2.2.4 Poros

Poros adalah komponen berbentuk silindris yang berputar, biasanya digunakan sebagai tempat pemasangan elemen-elemen seperti roda gigi. Poros ini dirancang untuk menahan berbagai jenis beban, seperti beban lentur, tarik, tekan, atau puntir, baik secara individual maupun dalam kombinasi (Josep Edward Shigley, 1983).

Secara umum, poros dibagi menjadi tiga jenis utama:

1. Poros Spindel

Poros spindel merupakan poros transmisi berukuran pendek yang digunakan pada mesin perkakas, di mana beban utama yang diterimanya adalah beban puntir. Selain itu, poros ini juga menahan beban lentur atau aksial.

2. Poros Gandar

Poros gandar berfungsi sebagai penyangga roda pada kendaraan, terutama pada kereta barang. Tidak seperti poros lainnya, poros ini hanya menerima beban lentur tanpa adanya beban puntir.

3. Poros Transmisi

Poros transmisi, atau sering disebut shaft, digunakan untuk mentransmisikan tenaga. Shaft biasanya menahan beban puntir berulang dan beban lentur yang bergantian, atau kedua beban tersebut secara bersamaan. Daya dapat disalurkan melalui roda gigi, sabuk pulley, rantai sproket, dan elemen transmisi lainnya.

Dalam memilih poros, penting untuk memperhitungkan beban yang akan diterima. Berdasarkan standar ASME (*American Society of Mechanical Engineers*), apabila diperkirakan akan ada beban lentur, faktor Cb digunakan dengan nilai antara 1,2 hingga 2,3. Namun, jika beban lentur tidak terjadi, faktor Cb dapat diambil dengan nilai 1,0.

Table 2. 1 Faktor ASME

No.	Kt	Keterangan
1	1,0	Jika beban dikenakan secara halus
2	1,0 – 1,5	Jika terjadi sedikit kejutan atau tumbukan
3	1,5 – 3,0	Jika beban dikenakan dengan kejutan dan tumbukan besar

$$a. \quad D_1 \left[\frac{5,1 \times T_1 \times kt \times cb \times \frac{1}{3}}{ra} \right] \dots\dots\dots (2.5)$$

Keterangan:

D_1 = Diameter poros motor (mm)

T_1 = Torsi poros motor / momen punter (kg.mm)

kt = Faktor koreksi (1,5 s.d/3,0)

cb = Faktor lentur (1,2 s.d/2,3)

ra = Tegangan geser yang diizinkan (kg/mm²)

$$b. \quad \tau \sigma \frac{ab}{sf1 \times sf2} \dots\dots\dots (2.6)$$

Keterangan:

ra = Tegangan geser yang diizinkan (kg/mm²)

ab = Kekuatan Tarik material (kg/mm²)

sf1 = Faktor keamanan bahan berdasarkan material poros

sf2 = Faktor keamanan pengaruh kekeraan permukaan (1,3 s d/3,0)

Untuk mencari torsi Poros .

$$c. \quad T_2 = 9,74 \times 10^5 \times \frac{P_d}{n_2} \dots \dots \dots (2.7)$$

Keterangan;

TT_2 = Torsi poros motor / momen punter (kg.mm)

P_d = Daya rencana (Kw)

n_2 = Putaran motor (rpm)

Untuk menentukan diameter poros yang dipakai dapat menggunakan rumus sebagai berikut:

$$d. \quad D_{Ps} \geq \left[\frac{5,1}{\tau_a} \times \sqrt{(Mb.Cb)^2 + (Mp_2.Kt)^2} \right]^{1/3} \dots \dots \dots (2.8)$$

Keterangan:

Mb = Momen Bengkok (Kgmm)

Mp_2 = Momen Puntir (Kgmm)

Cb = Faktor Beban lentur

Kt = Faktor ASME (Tabel 2.1)

Untuk menentukan kekakuan poros terhadap lenturan juga perlu diperiksa. Bila suatu poros ditumpu oleh bantalan yang tipis atau bantalan yang mapan sendiri, maka lenturan poros y (mm) dapat ditentukan dengan rumus berikut:

$$y = 3,23 \times 10^{-4} \frac{Fl_1^2 l_2^2}{d_3^4 l} \dots \dots \dots (2.9)$$

Untuk mencari nilai τ_a dapat menggunakan rumus berikut:

$$e. \quad \tau_a = \frac{\sigma_{b1}}{sf1 \times sf2} \dots \dots \dots (2.10)$$

Keterangan:

Sf1 = Faktor berdasarkan bahan

Sf2 = Faktor kekerasan

2.2.5 Plat

Plat merupakan suatu elemen dalam struktur yang memiliki ketebalan yang relatif tipis jika dibandingkan dengan dimensi lebar dan panjangnya. Dalam dunia konstruksi beton, pelat berfungsi untuk menciptakan permukaan yang rata dan seragam, yang sangat penting dalam berbagai aplikasi teknik. Umumnya, permukaan bagian atas dan bawah pelat tersebut berada dalam kondisi sejajar atau setidaknya mendekati sejajar. Dalam desain mesin yang sedang dikembangkan, pelat yang digunakan memiliki ketebalan 2 mm dan dirancang khusus untuk membentuk dinding yang dapat menutupi *gearbox* dan *pulley*. Dengan adanya penutup ini, risiko kecelakaan kerja dapat diminimalkan, sehingga meningkatkan keselamatan operasional.

Proses pengerjaan pelat sendiri dapat dilakukan dengan berbagai teknik, baik secara manual dengan menggunakan keterampilan tangan maupun dengan bantuan mesin, atau bahkan kombinasi dari keduanya. Beberapa metode pengerjaan yang dapat diterapkan termasuk menggunting, melukis, melipat, melubangi, meregang, mengelas, membuat alur, menyambung, dan lain-lain. Masing-masing metode tersebut memiliki teknik dan alat khusus yang digunakan untuk mencapai hasil yang diinginkan. Oleh karena itu, pemilihan teknik pengerjaan yang tepat sangat penting untuk memastikan kualitas dan fungsionalitas pelat dalam aplikasi yang diinginkan. Selain itu, pemahaman yang baik tentang sifat-sifat material pelat juga sangat penting untuk mendukung keberhasilan dalam proses pembuatan dan penerapannya dalam konstruksi mesin.



Gambar 2. 3 Plat

2.2.6 Baut dan Mur

Baut dan mur merupakan elemen penting dalam dunia mekanik dan rekayasa yang berfungsi untuk menghubungkan dua komponen mesin dengan cara yang memungkinkan sambungan tersebut dapat dilepas dengan mudah. Baut umumnya memiliki ulir luar yang berfungsi untuk mencengkeram mur dan dilengkapi dengan kepala yang berbentuk segi enam, segi empat, atau bundar, seperti yang terlihat pada baut L dan sekrup. Kepala baut ini dirancang sedemikian rupa agar dapat diputar dengan alat, seperti kunci pas atau obeng, sehingga memudahkan proses pemasangan dan pelepasan. Sementara itu, mur memiliki ulir dalam yang dibuat sesuai dengan ukuran ulir baut, dan biasanya berbentuk segi enam atau segi empat pada bagian luar. Bentuk ini memungkinkan mur dapat dikencangkan dengan alat yang sama untuk memastikan sambungan yang kuat dan stabil.

Sambungan menggunakan baut dan mur adalah salah satu jenis sambungan yang paling umum dan sering digunakan dalam berbagai aplikasi teknik, terutama dalam pengembangan produk dan konstruksi. Salah satu keuntungan utama dari sambungan ini adalah sifatnya yang tidak permanen, yang berarti bahwa komponen yang disambung dapat dibongkar dan dipasang kembali tanpa merusak bagian

yang terlibat. Hal ini sangat menguntungkan dalam proses perawatan dan perbaikan, di mana komponen mesin sering kali perlu diganti atau diperbaiki.

Dalam konteks konstruksi, terdapat berbagai jenis baut dan mur yang dapat dipilih sesuai dengan kebutuhan spesifik proyek. Dalam proyek akhir ini, kami memutuskan untuk menggunakan baut hex dan mur segi enam, yang dikenal karena kekuatannya dan kemampuannya untuk menahan beban berat. Baut dan mur jenis ini juga umum digunakan dalam industri otomotif, di mana ketahanan dan keamanan sambungan sangat penting. Dengan menggunakan komponen ini, kami dapat memastikan bahwa sambungan yang dihasilkan akan memiliki tingkat kekuatan dan keandalan yang tinggi, sehingga mendukung kinerja optimal dari keseluruhan sistem yang sedang kami rancang. Pemilihan jenis baut dan mur yang tepat adalah aspek krusial dalam setiap proyek teknik, karena dapat memengaruhi keselamatan, efisiensi, dan keberlanjutan dari suatu struktur atau mesin.



Gambar 2. 4 Baut dan Mur

2.2.7 Gearbox

Gearbox adalah komponen penting dalam sistem mesin yang berfungsi untuk memindahkan tenaga dari mesin ke bagian lain, serta menyalurkan daya yang dihasilkan oleh mesin tersebut. Gearbox tidak hanya berperan sebagai

penghubung tenaga, tetapi juga dapat mengatur dan menyesuaikan daya atau torsi yang dihasilkan oleh mesin agar sesuai dengan kebutuhan operasional mesin. Mengingat pentingnya peran gearbox dalam memastikan kinerja mesin berjalan dengan optimal, perawatan rutin sangat diperlukan. Perawatan ini meliputi penggantian oli secara berkala dan pembersihan komponen-komponen di dalamnya untuk memastikan gearbox tetap berfungsi dengan baik dan terhindar dari kerusakan akibat gesekan atau penumpukan kotoran. Salah satu contoh penggunaan gearbox dalam dunia permesinan adalah dalam memperlambat putaran yang dihasilkan oleh dinamo motor atau mesin diesel, sekaligus memperkuat tenaga putaran yang dihasilkan, sehingga mesin dapat bekerja dengan lebih efisien dan kuat. Fungsi utama dari gearbox ini sangat penting, karena dengan memperlambat putaran, mesin dapat mencapai torsi yang lebih besar dan daya yang lebih sesuai untuk operasional yang dibutuhkan.



Gambar 2. 5 Gearbox

2.2.8 V-Belt

Sabuk atau belt biasanya terbuat dari bahan karet dengan penampang berbentuk *trapezium*. Di dalamnya terdapat lapisan tenunan, teteron, atau material serupa yang

berfungsi sebagai inti sabuk, yang memungkinkan sabuk mampu menahan dan mentransmisikan tarikan yang besar. Sabuk V atau *V-belt* ini dirancang untuk melilit pada *pulley* yang juga berbentuk V. Saat sabuk membelit pada *pulley*, bagian sabuk yang melengkung mengalami perubahan, di mana lebar bagian dalamnya akan bertambah besar, menyesuaikan dengan lengkungan *pulley* untuk memastikan transmisi daya berjalan secara efektif.

V-Belt berperan dalam mentransmisikan daya dari satu poros ke poros lainnya melalui *pulley* yang dapat berputar dengan kecepatan yang sama atau berbeda, tergantung pada kebutuhan operasional. *Pulley V-belt* ini merupakan salah satu elemen mesin penting dalam sistem transmisi daya, berfungsi mirip seperti *sprocket* rantai atau roda gigi, yang juga digunakan untuk tujuan yang sama. Dengan desainnya yang efisien, *V-belt* dan *pulley* memungkinkan transfer daya yang halus dan stabil dalam berbagai aplikasi mesin industri.

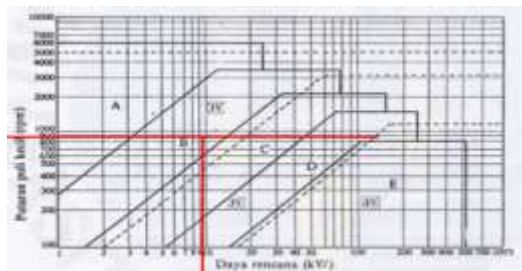


Gambar 2. 6 *V-Belt* (Samhuddin, Muhammad, & Jamiluddin, 2018)

1. Keuntungan Menggunakan *V-Belt*

- a) Daya jangkauan yang lebih jauh: *V-belt* mampu mentransmisikan daya pada jarak yang relatif lebih

- jauh dibandingkan sistem transmisi lainnya, memberikan fleksibilitas lebih dalam desain mesin.
- b) Faktor slip yang kecil: Salah satu keunggulan V-belt adalah memiliki faktor slip yang lebih rendah, sehingga efisiensi dalam mentransmisikan daya lebih tinggi dan lebih stabil.
 - c) Kemampuan untuk putaran tinggi: V-belt dapat digunakan pada mesin dengan kecepatan putaran yang tinggi, yang membuatnya ideal untuk berbagai aplikasi mesin berkecepatan tinggi.
 - d) Harga lebih ekonomis: Dari segi biaya, V-belt relatif lebih murah dibandingkan elemen transmisi lain seperti sprocket atau rantai, sehingga lebih ekonomis untuk diaplikasikan.
 - e) Operasi lebih senyap: Sistem yang menggunakan V-belt memiliki tingkat kebisingan (noise) yang lebih rendah, sehingga lebih nyaman digunakan, terutama dalam lingkungan yang membutuhkan operasi mesin yang tidak berisik.



Gambar 2. 7 Diagram Pemilihan Sabuk-V

Pemilihan tipe sabuk didasarkan pada dua parameter utama, yaitu daya rencana motor (dalam satuan kW) dan putaran pulley kecil (dalam satuan Rpm). Kedua parameter ini sangat penting karena menentukan jenis sabuk yang paling sesuai

untuk sistem transmisi daya. Setelah nilai daya rencana motor dan kecepatan putaran pulley kecil diperoleh, barulah tipe sabuk yang tepat dapat ditentukan, sehingga sistem dapat bekerja secara optimal dengan efisiensi dan ketahanan yang baik.

Table 2. 2 Faktor Koreksi Berdasarkan Variasi Beban

Mesin yang dipertimbangkan		Pengoreksi					
		Mesin pemrosesan puncak 200%			Mesin pemrosesan puncak 200%		
		Motor arus bolak-balik (memerum namu), tunggal, tiga fasa, induksi, motor arus searah (kita diukur)			Motor arus bolak-balik (memerum namu), tiga fasa, induksi, motor arus searah (kita diukur), motor induksi, motor arus searah, kipas angin, kipas angin		
		Jumlah jam kerja tiap hari			Jumlah jam kerja tiap hari		
		3-7 jam	8-10 jam	14-24 jam	3-7 jam	8-10 jam	14-24 jam
Variasi beban kecil	Penggerak mekanis, kipas angin, motor (maksud 7,5 kW) pompa semprotan, kompresor tenaga mekanis	1,0	1,1	1,2	1,2	1,3	1,4
	Kompressor udara (paku, batu bara), penggerak, kipas angin (maksud 7,5 kW), motor induksi, pelumas, mesin pemotong, mesin pemotong	1,2	1,3	1,4	1,4	1,5	1,6
Variasi beban sedang	Kompressor (udara, mekanis), pompa tenaga, kompresor, pelumas, pompa, penggerak, motor, kipas, mesin tenaga	1,3	1,4	1,5	1,5	1,7	1,8
	Penggerak, pelumas, pompa tenaga, penggerak, motor pemotong (sil, industri)	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0

(Sutarso, 1991:163)

Untuk menentukan daya rencana pada motor dapat menggunakan rumus:

$$a. \quad Pd = P \times Fc \dots \dots \dots (2.10)$$

Keterangan:

Pd = Daya rencana (kw)

P = Daya motor yang diperlukan (kw)

Table 2. 3 Kapasitas daya yang ditransmisikan untuk satu sabuk tunggal (kw)

Pusat putar lari	Pemasangan A										Pemasangan B									
	Merek merk		Benda		Rasio variabel beban perbandingan putar						Merek merk		Benda		Rasio variabel beban perbandingan putar					
	rpm	1/1000	1/1000	1/1000	1/1000	1/1000	1/1000	1/1000	1/1000	1/1000	rpm	1/1000	1/1000	1/1000	1/1000	1/1000	1/1000	1/1000	1/1000	1/1000
200	0,15	0,31	0,12	0,26	0,10	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,15	0,31	0,12	0,26	0,10	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
400	0,29	0,61	0,23	0,40	0,20	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,29	0,61	0,23	0,40	0,20	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
600	0,43	0,92	0,35	0,60	0,30	0,06	0,07	0,07	0,07	0,07	0,43	0,92	0,35	0,60	0,30	0,06	0,07	0,07	0,07	0,07
800	0,58	1,24	0,47	0,80	0,40	0,08	0,09	0,09	0,09	0,09	0,58	1,24	0,47	0,80	0,40	0,08	0,09	0,09	0,09	0,09
1000	0,72	1,56	0,58	1,00	0,50	0,10	0,11	0,11	0,11	0,11	0,72	1,56	0,58	1,00	0,50	0,10	0,11	0,11	0,11	0,11
1200	0,87	1,88	0,69	1,20	0,60	0,12	0,13	0,13	0,13	0,13	0,87	1,88	0,69	1,20	0,60	0,12	0,13	0,13	0,13	0,13
1400	1,02	2,20	0,80	1,40	0,70	0,14	0,15	0,15	0,15	0,15	1,02	2,20	0,80	1,40	0,70	0,14	0,15	0,15	0,15	0,15
1600	1,17	2,52	0,91	1,60	0,80	0,16	0,17	0,17	0,17	0,17	1,17	2,52	0,91	1,60	0,80	0,16	0,17	0,17	0,17	0,17

Besar faktor koreksi yang digunakan untuk sistem transmisi dapat dilihat berdasarkan jenis variasi beban dan durasi pemakaian, yang ditunjukkan pada tabel 2.1. Selain itu, tabel 2.2 memberikan daftar kapasitas daya yang dapat ditransmisikan oleh satu sabuk. Dengan melihat kedua tabel ini, kita dapat menentukan faktor koreksi yang tepat serta memahami kemampuan sabuk dalam mentransmisikan daya secara efektif sesuai dengan kondisi operasional yang dihadapi.

Table 2. 4 Panjang sabuk V standart

Nomor nominal		Nomor nominal		Nomor nominal		Nomor nominal	
(inch)	(mm)	(inch)	(mm)	(inch)	(mm)	(inch)	(mm)
10	254	43	1143	80	2032	115	2921
11	279	46	1168	81	2057	116	2946
12	305	47	1194	82	2083	117	2972
13	330	48	1219	83	2108	118	2997
14	356	49	1245	84	2134	119	3023
15	381	50	1270	85	2159	120	3048
16	406	51	1295	86	2184	121	3073
17	432	52	1321	87	2210	122	3099
18	457	53	1346	88	2235	123	3124
19	483	54	1372	89	2261	124	3150
20	508	55	1397	90	2286	125	3175
21	533	56	1422	91	2311	126	3200
22	559	57	1448	92	2337	127	3226
23	584	58	1473	93	2362	128	3251
24	610	59	1499	94	2388	129	3277
25	635	60	1524	95	2413	130	3302
26	660	61	1549	96	2438	131	3327
27	686	62	1575	97	2464	132	3353
28	711	63	1600	98	2489	133	3378
29	737	64	1626	99	2515	134	3404
30	762	65	1651	100	2540	135	3429
31	787	66	1676	101	2565	136	3454
32	813	67	1702	102	2591	137	3480
33	838	68	1727	103	2616	138	3505
34	864	69	1753	104	2642	139	3531
35	889	70	1778	105	2667	140	3556
36	914	71	1803	106	2692	141	3581
37	940	72	1829	107	2718	142	3607
38	965	73	1854	108	2743	143	3632
39	991	74	1880	109	2769	144	3658
40	1016	75	1905	110	2794	145	3683
41	1041	76	1930	111	2819	146	3708
42	1067	77	1956	112	2845	147	3734
43	1092	78	1981	113	2870	148	3759
44	1118	79	2007	114	2896	149	3785

Penentuan jumlah sabuk yang digunakan harus mengikuti standar yang telah ditetapkan. Beberapa parameter penting yang perlu diketahui dalam proses ini antara lain adalah daya rencana (P_d), kapasitas daya sabuk (P_o), dan faktor koreksi (k_θ). Untuk mengetahui nilai faktor koreksi yang tepat, referensi dapat ditemukan pada tabel 2.5. Dengan mempertimbangkan semua parameter ini, kita dapat memastikan jumlah sabuk yang digunakan sesuai dengan kebutuhan dan mampu mentransmisikan daya secara efisien.

Table 2. 5 Faktor koreksi (k_θ)

$\frac{D_2 - d_2}{C}$	Sudut kontak peli kecil $\theta(^{\circ})$	Faktor koreksi K_s
0,00	180	1,00
0,10	174	0,99
0,20	169	0,97
0,30	163	0,96
0,40	157	0,94
0,50	151	0,93
0,60	145	0,91
0,70	139	0,89
0,80	133	0,87
0,90	127	0,85
1,00	120	0,82
1,10	113	0,80
1,20	106	0,77
1,30	99	0,73
1,40	91	0,70
1,50	83	0,65

Untuk menentukan sudut kontak sabuk (k_θ)

$$a. \quad \theta = 180^{\circ} - \left[\frac{180^{\circ}}{\pi} \times \frac{(Dp - dp)}{c} \right] \dots \dots \dots (2.11)$$

Untuk menentukan jumlah sabuk yang dipakai (N), dapat menggunakan rumus:

$$b. \quad N = \left(\frac{Pd}{P_0 \times k_\theta} \right) \dots \dots \dots (2.12)$$

Keterangan:

Pd = besar daya rencana

P_0 = kapasitas daya sabuk

k_θ = factor koreksi

Menghitung panjang sabuk menjadi hal yang perlu diperhatikan, untuk itu dapat dihitung menggunakan rumus:

$$c. \quad L_{mr} = 2L_a + \frac{\pi}{2} (d_2 + d_1) + \frac{(d_1 - d_2)^2}{4.L_a} \dots \dots (2.13)$$

Keterangan:

Lmr = Panjang sabuk (mm)

La = jarak center dari Pulley kecil ke Pulley besar sesuai desain (mm)

2.2.9 Pulley

Pulley adalah salah satu komponen penting dalam sistem transmisi yang bekerja bersama sabuk atau belt sebagai penghubung. Bentuk pulley menyerupai roda dan tersedia dalam berbagai ukuran yang disesuaikan dengan kebutuhan desain mekanik sebuah mesin. Selain itu, pulley juga dirancang dengan kontur yang sesuai dengan bentuk kontur sabuk, sehingga memastikan kontak yang baik dan efisien dalam mentransmisikan daya antara komponen-komponen mesin.

Fungsi *Pulley*:

1. Mentransmisikan daya: Pulley mentransmisikan daya putaran dari poros motor ke poros lainnya.
2. Mereduksi putaran: Pulley berfungsi untuk mereduksi kecepatan putaran, menghasilkan torsi lebih besar.
3. Mempercepat putaran: Pulley dapat mempercepat putaran untuk mencapai kecepatan yang diperlukan.
4. Menyesuaikan torsi: Pulley memperbesar atau memperkecil torsi sesuai dengan kebutuhan operasional mesin.

Dalam menentukan diameter pulley motor, penting untuk mengikuti standar yang telah ditetapkan agar syarat diameter yang dianjurkan dapat terpenuhi. Untuk mendapatkan informasi mengenai besar diameter yang sesuai, referensi dapat dilihat pada tabel 2.6, yang menyediakan data dan pedoman yang diperlukan untuk

memastikan bahwa pulley yang digunakan akan berfungsi secara optimal dalam sistem transmisi daya mesin.

Table 2. 6 Diameter Pulley yang diizinkan

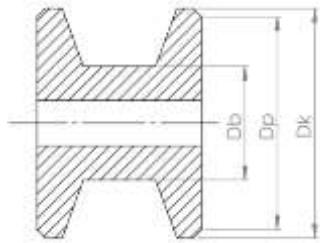
Penampang	A	B	C	D	E
Diameter min. yang diizinkan	65	115	175	300	450
Diameter min. yang dianjurkan	95	145	225	350	550

Penentuan diameter nominal sabuk harus dilakukan berdasarkan standar ukuran pulley-V yang telah ditetapkan untuk memastikan kesesuaian dan efisiensi dalam sistem transmisi. Informasi mengenai ukuran yang sesuai dapat ditemukan pada tabel 2.7, yang memberikan panduan tentang diameter nominal sabuk yang tepat agar dapat berfungsi secara optimal dalam aplikasi mesin.

Table 2. 7 Ukuran Pulley-V

Penampang sabuk-V	Diameter nominal (diameter bagian atas bagi d_2)	d_1	d_2	d_3	d_4	d_5	d_6	d_7
A	75 ~ 100	34	13,35	9,2	4,3	9,8	19,8	10,8
	110 ~ 125	36	12,22					
	136 atau lebih	38	13,30					
B	125 ~ 160	36	13,86	12,5	5,3	9,3	18,8	12,3
	161 ~ 200	38	13,07					
	201 atau lebih	38	14,20					
C	200 ~ 250	34	21,18	16,8	7,8	11,8	21,3	17,8
	251 ~ 315	36	21,61					
	316 atau lebih	38	23,72					
D	315 ~ 400	36	30,77	24,8	9,3	13,3	27,8	34,8
	401 atau lebih	38	31,14					
E	500 ~ 630	36	36,81	28,5	12,7	18,3	46,3	38,3
	631 atau lebih	38	37,81					

Kemudian terdapat Nominal dimensi pulley yang baik.



Gambar 2. 8 Dimensi Nominal Pulley

d. $D_p = d_p \times i \dots\dots\dots (2.14)$

$D_b = D_p - (2 \times k) \dots\dots\dots (2.15)$

$D_k = D_p + (2 \times k_0) \dots\dots\dots (2.16)$

Keterangan:

D_p, D_b, D_k = Dimensi diameter nominal Pulley (mm)

Perhitungan sudut kontak (θ) harus diperhatikan karena akan menjadi data penentu pemilihan nilai faktor koreksi K_θ dalam menentukan jumlah sabuk dalam Pulley nanti.

Untuk menentukan besar sudut kontak yang terjadi dapat menggunakan rumus:

e. $\theta = 180^\circ - \left[\frac{\frac{180^\circ}{\pi} \times (D_p - d_p)}{c} \right] \dots\dots\dots (2.17)$

Keterangan:

C = Jarak sumbu poros ideal (mm)



Gambar 2. 9 *Pulley* (Syafrizal & Supriyanto, 2017)

2.2.10 Bantalan

Bearing, yang dalam Bahasa Indonesia berarti bantalan, merupakan elemen mesin yang memiliki fungsi penting dalam mekanika. Bearing berfungsi untuk membatasi gerakan relatif antara dua atau lebih komponen mesin, sehingga memastikan bahwa setiap bagian bergerak pada arah yang diinginkan. Dengan demikian, bearing menjaga agar poros (shaft) selalu berputar pada sumbu porosnya dan memastikan bahwa komponen yang bergerak linier tetap berada pada jalurnya, sehingga meningkatkan efisiensi dan kestabilan sistem mesin secara keseluruhan.

Fungsi utama bantalan adalah untuk menumpu poros, sehingga poros dapat berputar dengan lancar tanpa mengalami gesekan berlebihan. Selain itu, bantalan block memiliki tujuan untuk mengurangi gesekan saat rotasi dan mendukung beban baik secara radial maupun aksial. Dengan demikian, bantalan berperan penting dalam meningkatkan efisiensi dan daya tahan sistem mekanik.



Gambar 2. 10 Bantalan

Bantalan dapat diklasifikasikan berdasarkan gerakan bantalan terhadap poros, sebagai berikut:

1. Atas dasar gerakan bantalan terhadap poros:
 - a) Bantalan luncur: Pada jenis bantalan ini, terjadi gesekan luncur antara poros dan bantalan. Permukaan poros ditumpu oleh permukaan bantalan dengan menggunakan pelapisan pelumas sebagai perantara.
 - b) Bantalan gelinding: Pada bantalan ini, gesekan yang terjadi adalah gesekan gelinding antara bagian yang berputar dan yang diam, yang dihubungkan melalui elemen seperti bola (peluru).
2. Atas dasar arah beban terhadap poros:
 - a) Bantalan Radial: Pada bantalan ini, arah beban yang ditumpu adalah tegak lurus terhadap sumbu poros.
 - b) Bantalan Aksial: Bantalan ini mendukung beban dengan arah yang sejajar dengan sumbu poros.
 - c) Bantalan Gelinding Khusus: Bantalan ini dirancang untuk menumpu beban yang arahnya baik sejajar maupun tegak lurus terhadap sumbu poros.

Selanjutnya, dapat dilihat pada tabel faktor V, X, Y, dan X_0 , Y_0 (Sularso, 1997).

Table 2. 8 8Faktor V, X, Y dan X0, Y0

Jenis bentalan		Beban putar pada cincin dalam	Beban putar pada cincin luar	Baris (tunggal)		Baris ganda		ϵ	Baris (tunggal)		Baris (ganda)					
				$F \frac{F_o}{VF_p}$	$F \frac{F_o}{VF_p}$	$F \frac{F_o}{VF_p}$	$F \frac{F_o}{VF_p}$		X_o	Y_o	X_o	Y_o				
													$> \epsilon$	$> \epsilon$	$\leq \epsilon$	$\leq \epsilon$
		V	X	Y	X	Y	X	Y	X_o	Y_o	X_o	Y_o				
Bentalan bola alur dalam	$F_o/C_o=0,014$			2,30		2,300,19										
	$=0,028$			1,99		1,900,23										
	$=0,056$			1,71		1,710,26										
	$=0,084$	1	1,2	1,55	0	1,530,28	0,6	0,5	0,6	0,5						
	$=0,11$			1,45		1,450,30										
	$=0,17$			1,31		1,310,34										
	$=0,28$			1,15		1,150,38										
	$=0,47$			1,4		1,040,47										
	$=0,56$			1,00		1,000,44										
Bentalan bola sudet	$\alpha=20^\circ$			0,43	1,00	1,090,70	1,690,57		0,42		0,8					
	$=25^\circ$			0,410,87		0,920,57	1,410,68		0,38		0,7					
	$=30^\circ$	1	1,2	0,390,76	0	0,790,63	1,240,80	0,50	0,3	1	0,6					
	$=35^\circ$			0,370,66		0,680,60	1,070,93		0,29		0,5					
	$=40^\circ$			0,350,57		0,550,50	0,571,14		0,26		0,4					

(Sumber : sularso,kiyokatsusuga. Dasar dan pemilihanelemenmesin.jakarta :pradnya paramitha,1987, Halaman 135)

Bantalan memiliki fungsi utama sebagai dudukan poros, yang berperan dalam mendukung poros akibat gaya tegangan dari sabuk serta beban yang diterima oleh poros tersebut. Selain itu, bantalan juga membantu mengurangi gesekan dan meningkatkan efisiensi rotasi. Beban radial yang diterima oleh bantalan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan tertentu, yang diperlukan untuk memastikan bantalan dapat beroperasi dengan baik dalam sistem mekanik.

f. $P = X \cdot V \cdot F_r + F_a \dots \dots \dots (2.9)$

Keterangan:

P = Beban radial ekivalen (N)

F_r = Beban radial yang bekerja (N)

F_a = Beban aksial yang bekerja (N)

V = factor rotasi

X = Faktor radial

Perhitungan umur bearing :

$$g. \quad L_{10}^h = \left(\frac{C}{P}\right)^b \times \left(\frac{1000.000}{n \times 60}\right) \dots\dots\dots (2.10)$$

Keterangan :

C = kapasitas nominal spesifik (N)

P = Fr = beban equivalen (N)

b = jenis isi rol *bearing*

Table 2. 9 Unit Number bearing

Unit Number	Series	Model	Outer Diameter	Inner Diameter	Width	Weight	Dynamic Load Rating	Static Load Rating
6200	6200	6200	12 mm	6 mm	5 mm	0.04 kg	10 kN	15 kN
6201	6201	6201	15 mm	8 mm	5 mm	0.05 kg	12 kN	18 kN
6202	6202	6202	18 mm	10 mm	5 mm	0.06 kg	14 kN	20 kN
6203	6203	6203	22 mm	12 mm	5 mm	0.08 kg	16 kN	22 kN
6204	6204	6204	25 mm	14 mm	5 mm	0.09 kg	18 kN	24 kN
6205	6205	6205	28 mm	16 mm	5 mm	0.10 kg	20 kN	26 kN
6206	6206	6206	32 mm	18 mm	5 mm	0.12 kg	22 kN	28 kN
6207	6207	6207	36 mm	20 mm	5 mm	0.14 kg	24 kN	30 kN
6208	6208	6208	40 mm	22 mm	5 mm	0.16 kg	26 kN	32 kN
6209	6209	6209	45 mm	25 mm	5 mm	0.18 kg	28 kN	34 kN
6210	6210	6210	50 mm	28 mm	5 mm	0.20 kg	30 kN	36 kN
6211	6211	6211	55 mm	30 mm	5 mm	0.22 kg	32 kN	38 kN
6212	6212	6212	60 mm	32 mm	5 mm	0.24 kg	34 kN	40 kN
6213	6213	6213	65 mm	35 mm	5 mm	0.26 kg	36 kN	42 kN
6214	6214	6214	70 mm	38 mm	5 mm	0.28 kg	38 kN	44 kN
6215	6215	6215	75 mm	40 mm	5 mm	0.30 kg	40 kN	46 kN
6216	6216	6216	80 mm	42 mm	5 mm	0.32 kg	42 kN	48 kN
6217	6217	6217	85 mm	45 mm	5 mm	0.34 kg	44 kN	50 kN
6218	6218	6218	90 mm	48 mm	5 mm	0.36 kg	46 kN	52 kN
6219	6219	6219	95 mm	50 mm	5 mm	0.38 kg	48 kN	54 kN
6220	6220	6220	100 mm	52 mm	5 mm	0.40 kg	50 kN	56 kN
6221	6221	6221	105 mm	55 mm	5 mm	0.42 kg	52 kN	58 kN
6222	6222	6222	110 mm	58 mm	5 mm	0.44 kg	54 kN	60 kN
6223	6223	6223	115 mm	60 mm	5 mm	0.46 kg	56 kN	62 kN
6224	6224	6224	120 mm	62 mm	5 mm	0.48 kg	58 kN	64 kN
6225	6225	6225	125 mm	65 mm	5 mm	0.50 kg	60 kN	66 kN
6226	6226	6226	130 mm	68 mm	5 mm	0.52 kg	62 kN	68 kN
6227	6227	6227	135 mm	70 mm	5 mm	0.54 kg	64 kN	70 kN
6228	6228	6228	140 mm	72 mm	5 mm	0.56 kg	66 kN	72 kN
6229	6229	6229	145 mm	75 mm	5 mm	0.58 kg	68 kN	74 kN
6230	6230	6230	150 mm	78 mm	5 mm	0.60 kg	70 kN	76 kN
6231	6231	6231	155 mm	80 mm	5 mm	0.62 kg	72 kN	78 kN
6232	6232	6232	160 mm	82 mm	5 mm	0.64 kg	74 kN	80 kN
6233	6233	6233	165 mm	85 mm	5 mm	0.66 kg	76 kN	82 kN
6234	6234	6234	170 mm	88 mm	5 mm	0.68 kg	78 kN	84 kN
6235	6235	6235	175 mm	90 mm	5 mm	0.70 kg	80 kN	86 kN
6236	6236	6236	180 mm	92 mm	5 mm	0.72 kg	82 kN	88 kN
6237	6237	6237	185 mm	95 mm	5 mm	0.74 kg	84 kN	90 kN
6238	6238	6238	190 mm	98 mm	5 mm	0.76 kg	86 kN	92 kN
6239	6239	6239	195 mm	100 mm	5 mm	0.78 kg	88 kN	94 kN
6240	6240	6240	200 mm	102 mm	5 mm	0.80 kg	90 kN	96 kN
6241	6241	6241	205 mm	105 mm	5 mm	0.82 kg	92 kN	98 kN
6242	6242	6242	210 mm	108 mm	5 mm	0.84 kg	94 kN	100 kN
6243	6243	6243	215 mm	110 mm	5 mm	0.86 kg	96 kN	102 kN
6244	6244	6244	220 mm	112 mm	5 mm	0.88 kg	98 kN	104 kN
6245	6245	6245	225 mm	115 mm	5 mm	0.90 kg	100 kN	106 kN
6246	6246	6246	230 mm	118 mm	5 mm	0.92 kg	102 kN	108 kN
6247	6247	6247	235 mm	120 mm	5 mm	0.94 kg	104 kN	110 kN
6248	6248	6248	240 mm	122 mm	5 mm	0.96 kg	106 kN	112 kN
6249	6249	6249	245 mm	125 mm	5 mm	0.98 kg	108 kN	114 kN
6250	6250	6250	250 mm	128 mm	5 mm	1.00 kg	110 kN	116 kN

(Sumber: <https://teknikcepatguna.files.wordpress.com/2015/06/b7e-slide6.png>)

BAB III

PERANCANGAN

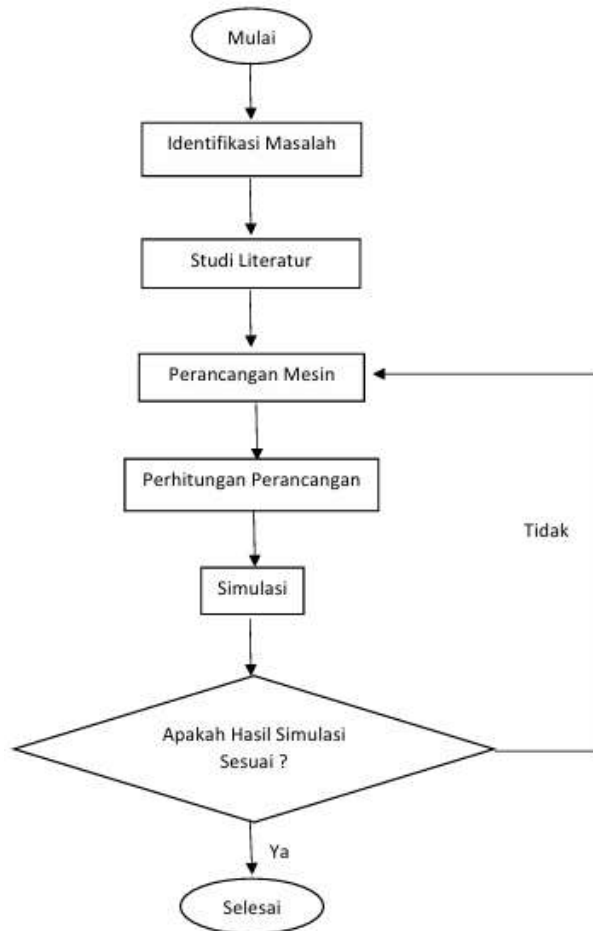
Bagian ini menjelaskan secara terperinci tahapan dalam proses desain teknis mesin pembuat permen, yang mencakup berbagai parameter penting untuk memastikan kinerja mesin yang optimal. Parameter yang menjadi fokus utama meliputi kapasitas produksi, kebutuhan daya motor, kecepatan pengadukan, dan pemilihan material penghantar panas. Kapasitas produksi dirancang berdasarkan target jumlah permen yang harus dihasilkan dalam satu jam, sehingga mesin dapat memenuhi kebutuhan produksi skala besar. Kebutuhan daya motor dihitung secara cermat untuk mendukung berbagai tahap operasional mesin, terutama pada tahap pencampuran bahan, yang membutuhkan tenaga lebih besar agar proses berjalan lancar.

Kecepatan pengadukan juga menjadi aspek penting dalam desain ini, karena pengadukan yang optimal akan menghasilkan tekstur permen yang sesuai tanpa merusak komponen bahan. Selain itu, pemilihan material penghantar panas dilakukan dengan mempertimbangkan efisiensi dalam mendistribusikan panas secara merata. Hal ini bertujuan untuk memastikan hasil akhir permen memiliki kualitas yang konsisten dan memenuhi standar produksi.

Secara keseluruhan, tujuan dari perancangan ini adalah menghasilkan mesin pembuat permen yang tidak hanya mampu bekerja secara efisien, tetapi juga memiliki kapasitas produksi yang tinggi dengan tetap menjaga kualitas hasil. Dengan desain teknis yang dirancang secara matang, mesin ini diharapkan dapat memenuhi kebutuhan industri dan memberikan kontribusi signifikan dalam meningkatkan produktivitas serta efisiensi proses pembuatan permen.

3.1 Flowchart Penelitian

Flowchart penelitian digunakan untuk menggambarkan alur sistematis dalam penyusunan tugas akhir ini. Penelitian dimulai dari identifikasi masalah, kemudian dilanjutkan dengan studi literatur sebagai dasar teori. Setelah itu dilakukan perancangan mesin dalam bentuk desain 3D dan perancangan part. Perancangan kemudian diuji dengan perhitungan dan simulasi untuk memastikan rancangan aman dan dapat berfungsi sesuai tujuan. Apabila hasil simulasi tidak sesuai, maka dilakukan perbaikan pada tahap perancangan. Apabila sesuai, proses dilanjutkan ke tahap pembuatan mesin. Selanjutnya mesin diuji secara eksperimental, kemudian hasil pengujian dianalisis untuk menarik kesimpulan dan saran.



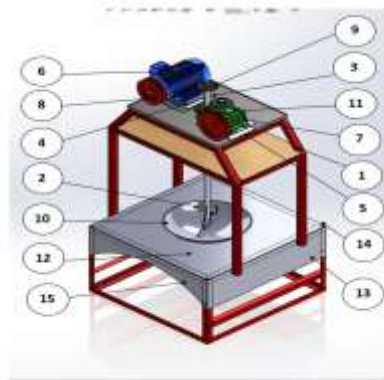
Gambar 3. 1 *Flowchart Penelitian*

3.2 Perancangan Mesin Pembuat Permen (Assembly 3D)

Pada tahap ini dilakukan perancangan mesin pembuat permen secara keseluruhan dalam bentuk model 3D menggunakan perangkat lunak SolidWorks. Gambar 3D ini memberikan gambaran menyeluruh tentang komponen mesin dan bagaimana tiap komponen dirangkai.

Mesin terdiri dari beberapa bagian utama, yaitu:

1. Rangka → sebagai penopang seluruh komponen.
2. Motor listrik dan gearbox → sebagai penggerak utama.
3. Sistem transmisi (pulley dan sabuk) → untuk menyalurkan daya ke poros pengaduk.
4. Poros dan sirip pengaduk → untuk mencampur bahan permen.
5. Wajan stainless steel → sebagai wadah pemanasan dan pencampuran bahan.



Gambar 3. 2 *Desain Assembly Mesin (3D isometri SolidWorks)*

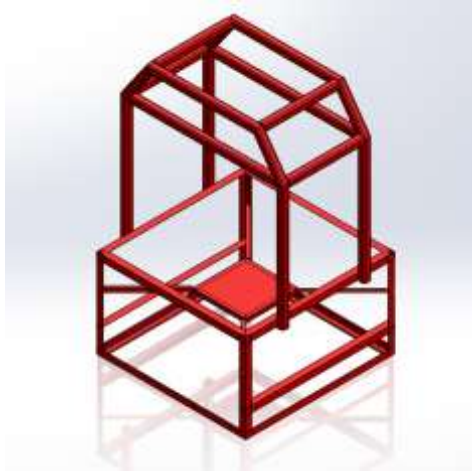
- | | | |
|--------------------|------------|-------------------|
| 1. Rangka | 6. Motor | 11. Pillow |
| 2. Sirip Pengaduk | 7. GearBox | 12. Plat Wajan |
| 3. Poros | 8. Pulley | 13. Plat Samping |
| 4. Dudukan Motor | 9. Gear | 14. Plat Depan |
| 5. Dudukan GearBox | 10. Wajan | 15. Plat Belakang |

3.3 Perancangan Komponen

Perancangan part utama mesin pembuat permen yang terdiri dari beberapa komponen saling terintegrasi untuk menghasilkan produk permen dengan kualitas dan efisiensi optimal. Mesin ini dirancang sedemikian rupa agar setiap komponennya dapat berfungsi sesuai perannya, mulai dari struktur penopang, wadah pencampuran, hingga sistem pengaduk adonan. Perancangan part dilakukan dengan mempertimbangkan dimensi, bahan, kekuatan mekanik, kemudahan perakitan, dan integrasi antar komponen, sehingga keseluruhan mesin dapat bekerja secara efektif dan aman. Penjelasan rinci mengenai tiap part, yaitu rangka, wajan, dan sirip pengaduk, akan dibahas pada subbab berikutnya.

3.3.1 Rangka

Rangka mesin dirancang dari material besi hollow 40×40×2 mm dan besi siku 35×35×3 mm. Dimensi total mesin adalah 1000 × 1190 × 800 mm. Sambungan antarprofil menggunakan las SMAW.



Gambar 3. 3 Rangka 3D

3.3.2 Wajan

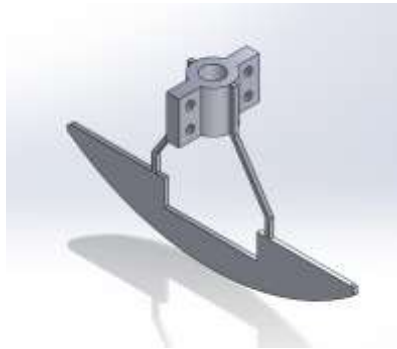
Wajan berfungsi sebagai wadah utama untuk proses pencampuran dan pemasakan bahan permen. Wajan berbentuk hemisfer dengan diameter 340 mm dan ketebalan 2 mm. Material yang digunakan adalah stainless steel 304 agar tahan korosi dan aman untuk pangan.



Gambar 3. 4 Wajan 3D

3.3.3 Sirip Pengaduk

Sirip pengaduk dipasang pada poros dengan posisi miring untuk membantu mencampur bahan. Sirip dibuat dari plat stainless steel tebal 2 mm dengan dimensi panjang 140 mm dan tinggi 65 mm. Jumlah sirip yang digunakan adalah satu buah.



Gambar 3. 5 Sirip Pengaduk 3D

3.4 Perhitungan Mekanik

Perhitungan mesin dalam proses perancangan mesin pembuat permen adalah serangkaian langkah yang dilakukan untuk memverifikasi dan memastikan bahwa hasil desain teknis sesuai dengan kebutuhan operasional. Perhitungan ini bertujuan untuk memastikan bahwa mesin dapat berfungsi sesuai dengan spesifikasi yang dirancang serta mengidentifikasi potensi masalah teknis yang mungkin terjadi sebelum mesin digunakan dalam produksi. Proses perhitungan ini mencakup analisis terhadap berbagai aspek, seperti kapasitas produksi, kinerja komponen, efisiensi daya, dan pemilihan material yang sesuai dengan standar keamanan dan daya tahan. Dengan melakukan perhitungan mesin secara rinci, setiap potensi kesalahan atau ketidaksesuaian dapat diidentifikasi sejak awal, sehingga langkah koreksi dapat dilakukan dengan tepat. Pendekatan

ini penting untuk memastikan mesin beroperasi secara optimal dan mampu memenuhi target produksi secara konsisten.

3.4.1 Perhitungan Gaya Gesek (F_k)

Berdasarkan penelitian (Ramadani and Ilham, 2024) pada pembuatan permen tape didapat $\mu = 0,61$. Berat total m (Poros, Sirip Pengaduk dan *Sprocket*) = $14,1 \text{ N}$, maka digunakan rumus untuk mencari gaya gesek yang terjadi.

Diketahui :

$$F_k = M \times \mu$$

$$m = 14,1 \text{ N (Poros, Sirip Pengaduk dan Sprocket)}$$

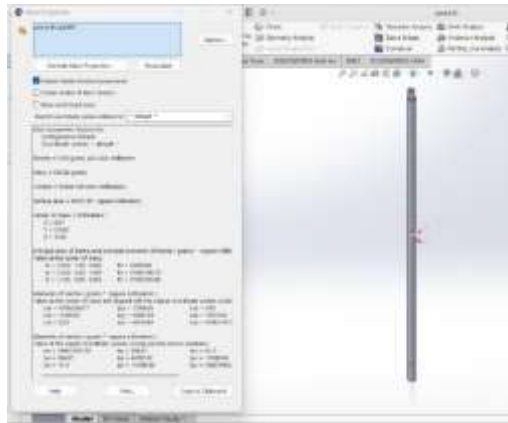
$$\mu = 0,61 \text{ (Koefisien Gesek)}$$

$$F_k = 14,1 \text{ N} \times 0,61$$

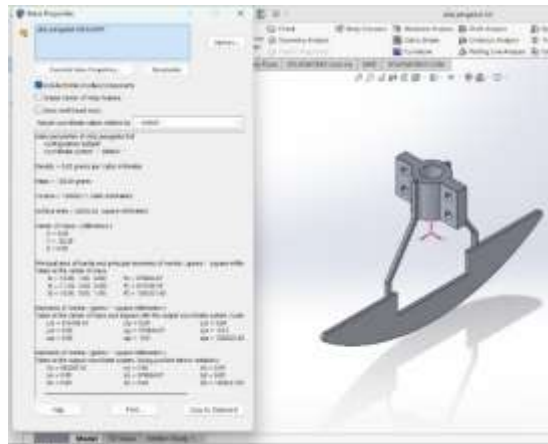
$$= 8,601 \text{ N}$$

Dari perhitungan didapat $F_k = 8,601 \text{ N}$, perhitungan dilakukan dengan baik dan benar.

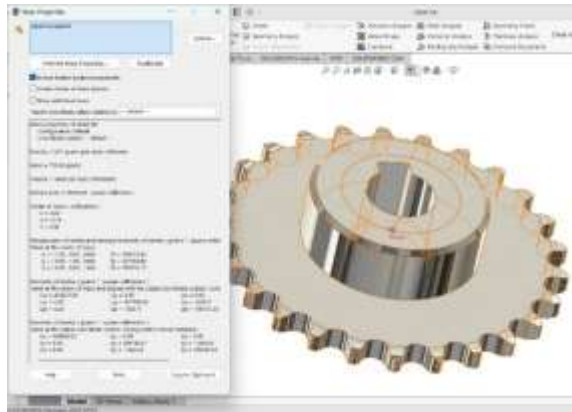
$m = 14,1 \text{ N}$ (Poros, Sirip Pengaduk dan Sprocket) berat didapat dengan menggunakan Solidworks pada gambar 3.6 , 3.7 dan 3.8.



Gambar 3. 6 Massa Poros



Gambar 3. 7 Massa Mata Pengaduk



Gambar 3. 8 Massa Sprocket

3.4.2 Menghitung Gaya Gula (Fg)

Untuk menghitung gaya gula diketahui berat adonan gula yaitu 1 kg dengan rumus sebagai berikut :

$$\text{Rumus : } F_g = M \times g$$

$$M = 1 \text{ kg (adonan)}$$

$$g = 9,81 \text{ m/s}$$

$$= 1 \text{ kg} \times 9,81 \text{ m/s}$$

$$= 9,81 \text{ N}$$

3.4.3 Gaya Gabungan ($F_G = \mu_p \times g + g \times \mu_w$)

Pada tahap ini dilakukan perhitungan gaya gabungan (F_G) yang bekerja pada sistem pengaduk. Gaya gabungan ini merupakan hasil kombinasi dari kontribusi pengaduk, adonan gula, dan wajan yang terhubung secara langsung dalam proses pencampuran. Besarnya gaya dihitung berdasarkan massa masing-masing komponen yang dikalikan dengan percepatan gravitasi, kemudian dijumlahkan sehingga diperoleh gaya total yang harus dilawan oleh sistem penggerak, sebagai berikut :

Rumus :

$$F_G = \mu_p \times g + g \times \mu_w$$

$$\mu_p = 0,61 \text{ (pengaduk)}$$

$$g = 1 \text{ kg (Gula)}$$

$$\mu_w = 0,61 \text{ (wajan)}$$

$$(F_G = 0,61 \times 1 \text{ kg}) + (1 \text{ kg} \times 0,61)$$

$$F_G = 11,96 \text{ N}$$

3.4.4 Gaya Total (F_t)

Untuk mencari Gaya total maka digunakan Rumus (2.2) :

$$F_t = F_k + F_g + (F_G = \mu_p \times g + g \times \mu_w)$$

.....(2.2)

$$F_t = 8,601 \text{ N} + 9,81 \text{ N} + 11,96 \text{ N}$$

$$F_t = 30,371 \text{ N}$$

Didapat untuk Gaya Total yaitu $F_t = 30,371 \text{ N}$.

3.4.4 Torsi (T_k)

Untuk mencari torsi pada motor perlu dilakukan pencarian padan T_k , yaitu dengan menggunakan :

Rumus :

$$T_k = F_{Total} \times r$$

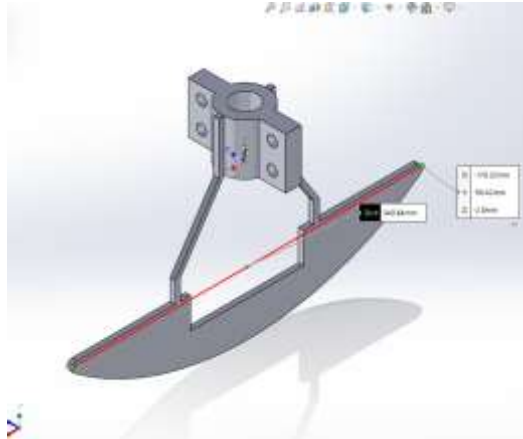
$$F_{Total} = 30,371 \text{ N}$$

$$r = 0.11569 \text{ m}$$

$$T_k = 30,371 \text{ N} \times 0.17032 \text{ m}$$

$$T_k = 5,17 \text{ Nm}$$

r didapat dari data Solidworks pada gambar 3.6. yaitu 340,64 mm dengan $r = 170,32 \text{ mm}$ kemudian diubah menjadi satuan m menjadi 0.17032 m .



Gambar 3. 9 Jari-Jari sirip Pengaduk

3.4.5 Torsi Motor (T_m)

Untuk mencari perhitungannya dapat menggunakan persamaan (2.3) dengan rasio Gear Box 1:40 yaitu sebagai berikut:

$$T_m = \frac{T_k}{i_1 \cdot i_2} \dots \dots \dots (2.3)$$

keterangan:

$$i_1 = 1, i_2 = 40$$

$$T_k = 5,17 \text{ Nm}$$

$$T_m = \frac{5,17 \text{ Nm}}{40}$$

$$T_m = 0,12925 \approx 0,2 \text{ Nm}$$

3.4.6 Sudut Kecepatan Motor (ω)

Untuk mencari perhitungannya dapat menggunakan persamaan (2.4) yaitu sebagai berikut:

$$\omega = 2 \cdot \pi \frac{n}{60} \dots \dots \dots (2.4)$$

Keterangan :

$$n = 1450 \text{ rpm}$$

$$\pi = 3,14$$

$$\omega = 2 \cdot 3,14 \frac{1450 \text{ rpm}}{60}$$

$$\omega = 151,85 \text{ rad/s}$$

3.4.7 Daya Motor (P_m)

Untuk mencari daya pada motor digunakan rumus :

$$P_m = T_m \times \omega$$

$$P_m = 0,2 \text{ Nm} \times 151,85 \text{ rad/s}$$

$$P_m = 30,37 \text{ Watt}$$

$$P_m = 3,037 \times 10^{-2} \text{ Kw}$$

3.4.8 Daya Rencana (P_d)

Direncanakan Penggunaan mesin 5 Jam Perhari, maka factor koreksi yang digunakan adalah $f_c = 1,2$. Sehingga Daya rencana adalah :

$$P_d = P \times F_c$$

$$= 30,37 \text{ watt} \times 1,2$$

$$= 36,44 \text{ watt}$$

Untuk motor yang digunakan pada mesin yang digunakan untuk pembuat permen ini menggunakan daya motor sebesar 0,5 HP $\approx 0,373 \text{ kw}$

3.4.9 Torsi Pada Poros Mesin (T)

$$T = 9,74 \times 10^5 \times \frac{P_d}{n_2}$$

$$T = 9,74 \times 10^5 \times \frac{0,373 \text{ Kw}}{58 \text{ rpm}}$$

$$T = 6.263,82 \text{ kg.mm}$$

3.4.10 Diameter Poros Mesin Pengaduk

Dilakukan pencarian nilai tegangan yang diizinkan (σb) terlebih dahulu. untuk bahan poros yang digunakan adalah SFA 60 A.

Diketahui :

$$\sigma b = SFA 60 A = 60 \frac{\text{kg}}{\text{mm}^2}$$

$$sf1 = 5,6$$

$$sf2 = 2$$

$$\tau a = \frac{\sigma b1}{sf1 \times sf2}$$

$$\tau a = \frac{60 \frac{\text{kg}}{\text{mm}^2}}{5,6 \times 2}$$

$$= 5,36 \frac{\text{kg}}{\text{mm}^2}$$

Jika sudah dapat nilai tegangan yang diizinkan, maka dapat dilanjutkan perhitungan diameter poros motor dengan faktor koreksi (kt) = 2 dan faktor lentur (cb) = 1, yaitu sebagai berikut:

$$D_{Pm} \geq \left[\frac{5,1 \times T_1 \times kt1 \times cb}{\tau a} \right]^{\frac{1}{3}}$$

$$D_{Pm} \geq \left[\frac{5,1 \times 294,245 \frac{kg}{mm^2} \times 2 \times 1}{5,36 \frac{kg}{mm^2}} \right]^{\frac{1}{3}}$$

$$D_{Pm} \geq 8,242 \text{ mm}$$

Dari perhitungan diameter poros $\geq 8,242 \text{ mm}$, untuk pembuatan mesin pembuat permen dengan poros perencanaan awal adalah 50 mm .

3.4.11 Pemilihan Sabuk – V (Belt)

Pemilihan penampang sabuk V Diketahui: $P_d = 0,37 \text{ kW}$, $n_1 = 1450 \text{ rpm}$ berdasarkan 2 parameter di atas maka dipilih jenis tipe sabuk A sesuai Gambar 2.7 Diagram pemilihan sabuk-V

- Menghitung nilai dimensi nominal pada Pulley penggerak.

Diameter Nominal Pulley Motor (d_p , d_b , d_k)

d_p = diameter sesuai Tabel 2.5, Tipe sabuk A = 95 mm

$d_b = d_p - (2 \times k_0) = 95 - (2 \times 8) = 79 \text{ mm}$

$d_k = d_p + (2 \times k) = 95 + (2 \times 4,5) = 104 \text{ mm}$

Diameter nominal Pulley Transmisi (D_p , D_b , D_k)

Diketahui:

nilai i rencana (rasio rencana) = $1450 \text{ rpm} / 1450 \text{ rpm} = 1$

nilai K dan K_0 berdasarkan Tabel 2.6

$D_p = d_p \times i = 95 \text{ mm} \times 1 = 95 \text{ mm}$

$D_b = D_p - (2 \times k_0) = 95 - (2 \times 8) = 79 \text{ mm}$

$$D_k = D_p + (2 \times k) = 95 \text{ mm} + (2 \times 4,5) = 104 \text{ mm}$$



Gambar 3. 10 Pulle

3.4.13 Perhitungan Sabuk Pulley

- a) Menghitung Panjang Sabuk-V (L)

Diketahui:

$$C_r = 248.11 \text{ mm} = 249 \text{ mm}$$

$$L = 2 \times C_r + \frac{\pi}{2} (D_p + d_p) + \frac{1}{4 \times C_r} (D_p - d_p)^2$$

$$L = 2 \times 249 \text{ mm} + \frac{3,14}{2} (95 + 95) + \frac{1}{4 \times 249 \text{ mm}} (95 - 95)^2$$

$$L = 796,3 \text{ mm}$$

- 4 Menentukan Nomor Nominal Sabuk yang digunakan (N0)

Berdasarkan Tabel 2.4 di dapat data seperti di bawah nilai dari setiap data akan di interpolasi

untuk mendapatkan nilai yang mendekati sesuai data nomor nominal sabuk-V yang ada.

NO	MM
31	787
NO	796,3
32	813

Diketahui:

$$L = 796,3 \text{ mm}$$

Interpolasi:

$$\frac{N0-31}{32-31} = \frac{796,3-787}{813-787}$$

$$\frac{N0-31}{1} = \frac{9,3}{26} =$$

$$\frac{N0-31}{1} = 0,3577$$

$$N0 = 0,3577 + 31 = 31,3577 = 1$$

Berdasarkan hasil kalkulasi menggunakan metode interpolasi didapat nilai $N0 = 31$ dengan demikian digunakan nomor sabuk 31 tipe A, dengan nilai $L_s = 787 \text{ mm}$.

Jarak Sumbu Poros ideal (C)

$$C = \frac{b + \sqrt{b^2 - 8(Dp - dp)^2}}{8}$$

Sebelum menentukan nilai poros ideal (C), terlebih dahulu menentukan nilai dari nomor sabuk dari standart utama (b) sebagai berikut:

$$b = 2 \times Ls - \pi (Dp + dp)$$

$$b = 2 \times 787 \text{ mm} - 3,14 (95 + 95)$$

$$b = 997,4 \text{ mm}$$

Setelah didapat nilai b maka disubstitusikan ke rumus dari C sendiri, sebagai berikut:

$$C = \frac{b + \sqrt{b^2 - 8(Dp - dp)^2}}{8}$$

$$C = \frac{997,4 + \sqrt{997,4^2 - 8(95 - 95)^2}}{8}$$

$$C = 249,35 \text{ mm} = 24,935 \text{ cm}$$

Diketahui bahwa nilai $C_r = 24,9 \text{ cm}$ sedangkan didapat nilai $C = 24,935 \text{ cm}$ sehingga setelah dikalkulasikan $C - C_r = 24,935 - 24,9 = -0,86 \text{ cm}$, untuk itu agar memenuhi syarat ideal nilai C_r harus dikurang $-0,035 \text{ cm}$.

Menghitung sudut kontak (θ)

$$\theta = 180^\circ - \left[\frac{\frac{180^\circ}{\pi} \times (Dp - dp)}{C} \right]$$

$$\theta = 180^\circ - \left[\frac{\frac{180^\circ}{3,14} \times (95 - 95) \text{ mm}}{249,35 \text{ mm}} \right]$$

$$\theta = 180^\circ$$

$$= 180^\circ (\text{menyesuaikan standart yang ada})$$

3.4.14 Perancangan sirip Pengaduk

Pada bagian ini dilakukan analisis terhadap sirip pengaduk untuk memastikan bahwa dimensi dan material

yang digunakan mampu menahan beban kerja. Perhitungan diawali dengan menentukan torsi pengaduk sebagai beban utama yang bekerja, kemudian memperhitungkan pengaruh diameter wajan dan tinggi sirip pengaduk yang berhubungan dengan gaya tangensial. Selanjutnya, sifat mekanis material stainless steel yang digunakan, khususnya tegangan luluh, dijadikan acuan untuk menentukan batas tegangan geser ijin. Dengan demikian, dapat dilakukan evaluasi apakah ketebalan plat pengaduk yang dipilih cukup aman terhadap kegagalan geser akibat beban torsi selama proses pencampuran berlangsung.

- a) Torsi pengaduk (T_K) → beban utama yang dianalisis.
- b) D (diameter wajan) → untuk menentukan jari-jari kerja.
- c) H (tinggi pengaduk) → mempengaruhi luas bidang geser.
- d) σ_y (stainless) → sifat mekanis material (tegangan luluh).
- e) τ_{izin} → batas aman tegangan geser yang digunakan dalam desain.

Rumus :

- a) $T_K = 5,17 \text{ N}\cdot\text{m}$
- b) $D = 340 \text{ mm} = 0,34 \text{ m} \rightarrow r = D/2 = 0,17 \text{ m}$
- c) $H = 65 \text{ mm} = 0,065 \text{ m}$
- d) $\sigma_y \text{ (stainless)} \approx 1,724 \times 10^8 \text{ Pa} = 172,4 \text{ MPa}$
- e) Batas geser yang dipakai = 40% dari $\sigma_y \rightarrow \tau_{\text{izin}} = 0,4 \times 172,4 = 68,96 \text{ MPa}$

$$F = \frac{T_K}{D \times 1/2} = \frac{2 \times T_K}{D}$$

$$F = \frac{5,17 \text{ Nm}}{0,34 \text{ m} \times \frac{1}{2}} = \frac{2 \times 5,17 \text{ Nm}}{0,34 \text{ m}}$$

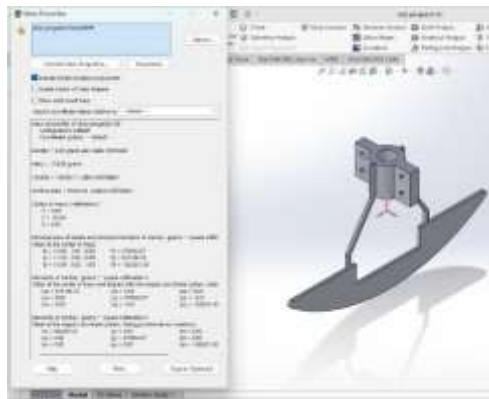
$$F = 30,41 \text{ N.}$$

$$t = \frac{F}{\sigma_y \times H}$$

$$t = \frac{30,41 \text{ N}}{68,96 \text{ MPa} \times 0,065 \text{ m}}$$

$$t = 6,8 \times 10^{-6} \text{ m} = 0,0068 \text{ mm.}$$

Secara kekuatan geser murni, plat stainless tebal 2 mm jauh melampaui kebutuhan minimum; oleh karena itu aman terhadap kegagalan akibat tegangan geser pada kondisi beban torsi yang dianalisis. Perhitungan ini menunjukkan bahwa ketebalan 2 mm lebih dari memadai untuk menahan gaya tangensial yang dihasilkan pada poros pengaduk.



Gambar 3. 11 simulasi sirip pengaduk

3.4.15 Perancangan Wajan

Sebagai wadah utama proses pemasakan dan pengadukan adonan permen.

Desain dan Geometri

- a) Bentuk hemisfer (setengah bola) → distribusi panas merata, mudah diaduk.
- b) Kapasitas: ± 1 kg adonan per batch (volume $\pm 726 \text{ cm}^3$ + ruang bebas 30%).
- c) Ketebalan: 2–3 mm agar kuat terhadap panas.

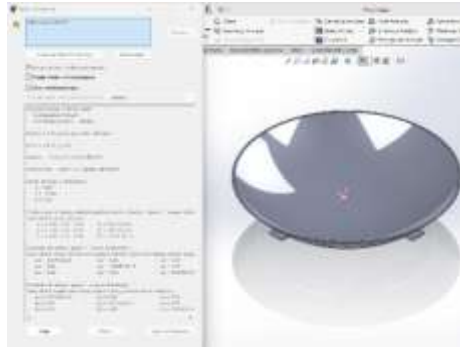
Hasil Analisis SolidWorks (Mass Properties)

- a) Massa total : 726,16 g
- b) Volume : 726.162 mm^3 ($\approx 726 \text{ cm}^3$)
- c) Luas permukaan : 386.872 mm^2
- d) Center of mass : (X = 0; Y = -10,36 mm; Z = 0) → simetris dan stabil.

Material Stainless steel 304 (tahan panas hingga 800°C , food grade, tahan korosi, mudah dibersihkan).

Alasan Pemilihan

- 1. Bentuk hemisfer → panas merata, adonan tidak gosong.
- 2. Kapasitas sesuai batasan (1 kg per batch).
- 3. Pusat massa stabil → tidak mudah terguling.
- 4. Material higienis dan tahan lama.



Gambar 3. 12 simulasi wajan

3.4.16 Perancangan Ketebalan Wajan Berdasarkan Konduksi dan Konveksi Panas

1. Data dari eksperimen

- a) Tabung LPG : awal 8 kg – akhir 7,8 kg

$$m_{\text{LPG}} = 8,0 - 7,8 = 0,2 \text{ kg}$$

- b) Waktu Pemanasan

$$\Delta t = 20 \text{ menit} = 20 \times 60 = 1200 \text{ s}$$

- c) Dimensi wajan: diameter 0,34 m

$$A = \frac{\pi}{4} D^2 = \frac{3,1416}{4} \times (0,34)^2 = 0,0908 \text{ m}^2$$

- d) Material wajan: stainless steel

Konduktifitas termal

$$k = 20 \text{ W/m} \cdot \text{K}$$

- e) Beda temperatur (api ke adonan):

$$\Delta T = 180^\circ \text{C} - 30^\circ \text{C} = 150^\circ \text{C}$$

- f) Koefisien Konveksi

$$h = 200 \text{ W/m}^2 \text{ K}$$

2. Energi yang dibutuhkan (Q)

Energi yang dibutuhkan untuk memanaskan nanas :

$$\begin{aligned} Q &= m \times C_p \times \Delta T \\ &= 1 \text{ kg} \times 4200 \text{ J/kg} \cdot ^\circ\text{C} \times (180 ^\circ\text{C} - 30 ^\circ\text{C}) \\ &= 630000 \text{ J} \end{aligned}$$

3. Efisiensi pembakaran (η)

Panas tidak mungkin sepenuhnya digunakan untuk memanaskan adonan perment, beberapa ada yang terbuang di lingkungan maka, diasumsikan efiseinsi pembakaran adalah (η) 50%. Sehingga energi pembakaran sebenarnya adalah:

$$Q_{use} = Q \times \eta = 630.000 \text{ J} \times 0,5 = 315.000 \text{ J}$$

4. Massa LPG

Nilai kalor LPG (LHV):

$$\begin{aligned} LHV &= 46.000.000 \text{ J/kg} \\ m_{LPG} &= \frac{Q_{use}}{LHV_{LPG}} \\ &= \frac{787.500 \text{ J}}{46.000.000 \text{ J/Kg}} \\ &= 0,0171 \text{ KG} \end{aligned}$$

5. Laju panas ($\dot{Q}_{use}$ dalam Watt)

$$\dot{Q}_{use} = \frac{Q_{use}}{\Delta t} = \frac{315.000}{1200} = 262,5 \text{ W}$$

Laju panas rata-rata ini menunjukkan seberapa cepat panas harus disalurkan ke adonan agar dapat mencapai temperatur target dalam waktu yang telah ditentukan. Nilai ini menjadi referensi dalam menentukan ketebalan minimal wajan untuk memastikan pemanasan efisien.

6 Ketebalan teoritis (Fourier's Law)

Rumus:

$$\dot{Q} = \frac{k \cdot A \cdot \Delta T}{t}$$

Balik untuk t:

$$t_{max} = \frac{k \cdot A \cdot \Delta T}{\dot{Q}_{use}}$$

Substitusi:

$$t_{max} = \frac{20 \cdot 0,0908 \cdot 150}{262,5}$$

$$t_{max} = \frac{272,4}{262,5} = 1,038 \text{ m} = 1038 \text{ mm}$$

Ketebalan teoritis ini berdasarkan hanya konduksi logam, sehingga menghasilkan nilai sangat besar dan tidak realistis secara praktik. Perhitungan ini tetap berguna sebagai batas atas teoretis untuk memahami kebutuhan panas melalui konduksi.

7 Laju Panas Konveksi ($\dot{Q}_{Konveksi}$)

$$\begin{aligned}\dot{Q}_{Konveksi} &= h \cdot A \cdot \Delta T \\ \dot{Q}_{Konveksi} &= 200 \cdot 0,0908 \cdot 150 = 2724 \text{ W}\end{aligned}$$

Laju panas melalui konveksi jauh lebih besar dibanding kebutuhan $\dot{Q}_{use} = 262,5 \text{ W}$, sehingga wajan tipis pun sudah cukup untuk memastikan adonan mencapai temperatur target. Ini menegaskan bahwa ketebalan wajan tidak perlu sebesar hasil perhitungan konduksi murni.

8 Ketebalan Minimal Wajan (t_{min})

$$\begin{aligned}t_{min} &= t_{referensi} \frac{\dot{Q}_{use}}{\dot{Q}_{Konveksi}} \\ t_{min} &= 2 \frac{262,5}{2724} = 0,193 \text{ mm}\end{aligned}$$

Secara matematis, wajan hanya membutuhkan ketebalan 0,193 mm untuk memastikan adonan menerima panas yang cukup. Namun, untuk alasan kekuatan struktur, ketahanan mekanik, dan kemudahan fabrikasi, wajan dipilih dengan ketebalan 2 mm, yang jauh lebih aman dalam praktik.

Perhitungan energi menunjukkan adanya perbedaan signifikan antara nilai teoretis LPG (0,017 kg) dengan hasil eksperimen (0,2 kg) menandakan adanya kehilangan panas. Ketebalan teoritis wajan berdasarkan Fourier ($t_{max} = 1038 \text{ mm}$) tidak realistis secara praktik. Dengan mempertimbangkan konveksi panas yang tinggi, wajan tipis 2 mm sudah lebih dari cukup untuk memanaskan adonan nanas dengan aman. Oleh karena itu, penggunaan wajan stainless steel dengan ketebalan 2–3 mm dianggap cukup, aman, dan sesuai standar praktik untuk sistem pelelehan ini.



Gambar 3. 13 Sistem Pelelehan

3.5 Simulasi Rangka Dan Sirip Pengaduk

3.5.1 Langkah Kerja Simulasi Rangka Mesin Pembuat Permen

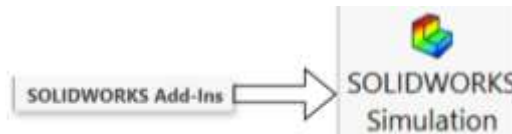
Dari rancangan desain, dimana dimensi desain yang direncanakan sebesar panjang 1000 mm, lebar 1190 mm, dan tinggi 800 mm. Rangka mesin menggunakan material Alloy Steel dengan profil kotak baja 40×40×4 mm dan besi siku 35×35×5 mm, dengan proses perakitan menggunakan pengelasan untuk memastikan konstruksi yang kokoh dan stabil. Perencanaan simulasi dilakukan dari hasil perhitungan dimana rangka menerima beban pada mesin: Gearbox WPO 40 ($3,8 \text{ kg} \times 9,81 \text{ m/s}^2$) = 37,278 N, motor listrik 1 HP ($16,5 \text{ kg} \times 9,81 \text{ m/s}^2$) = 161,865 N, pulley ($755,06 \text{ g} \times 2 \times 9,81 \text{ m/s}^2$) = 14,803 N, dan sprocket ($479,09 \text{ g} \times 2 \times 9,81 \text{ m/s}^2$) = 9,392 N, dimana seluruh beban tersebut diterapkan pada titik-titik kritis rangka. Berikut ini adalah langkah-langkah melakukan simulasi:

1. Buka aplikasi solidworks



Gambar 3. 14 Solidworks

2. Lakukan *insert* desain alat pada aplikasi solidworks
3. klik solidworks *add-ins* untuk melakukan aktivasi solidworks simulation



Gambar 3. 15 Insert desain

4. Tekan *new study* lalu lakukan pemberian nama dari pada pengujian statik pada rangka dari alat yang akan di fabrikasi nanti dan jika sudah memberi nama pengujian klik centang untuk melanjutkan ke tahap selanjutnya.



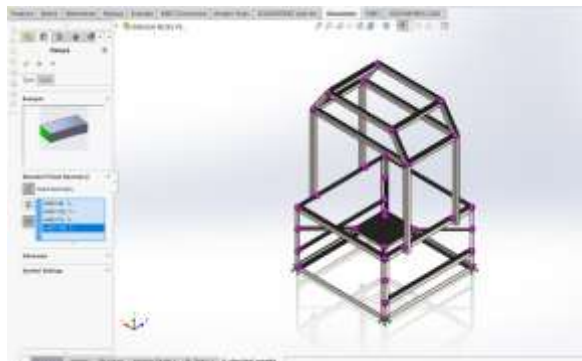
Gambar 3. 16 *New study*

5. Lalu *apply* material sesuai dengan material yang diinginkan



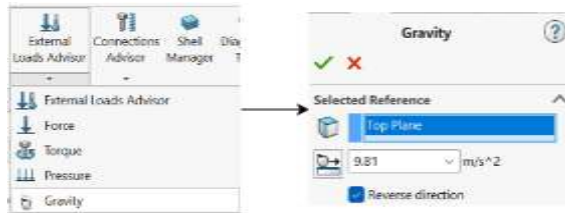
Gambar 3. 17 Input Material

6. Kemudian fixtures advisor → Fixed Geometry → lakukan pemilihan titik geometry menggunakan fixture point → pemilihan pada semua titik yang terdapat di bagian kaki dasar dari rangka → klik centang.



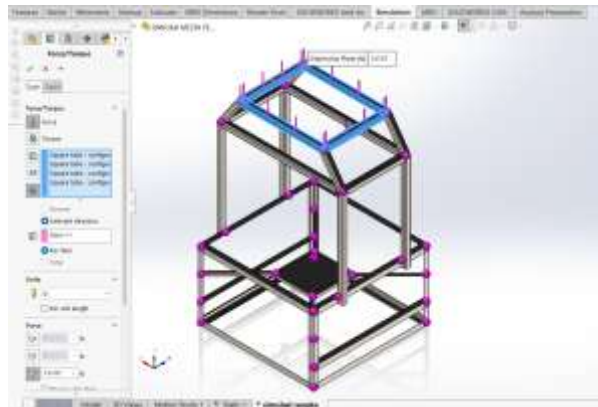
Gambar 3. 18 Pemilihan *Fixed Geometri*

7. Selanjutnya melakukan pemberian arah gravitasi pada rangka pilih external load → gravity → selected reference → untuk nilai gravitasi 9.81m/s^2 → untuk arah perlu diperhatikan arahnya jika arah salah maka pilih reverse direction → centang.



Gambar 3. 19 gravity

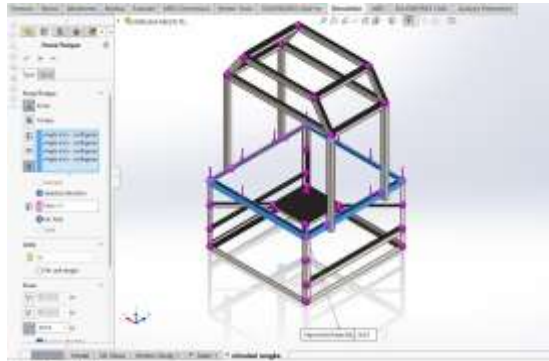
8. Selanjutnya melakukan pemberian arah gaya pada rangka pilih external load → force → lakukan pemilihan bagian yang akan menerima beban seperti pada bagian dudukan motor → pilih beams untuk fitur part secara per UNP → selected reference (arah) → untuk nilai force 137,67 N → untuk arah perlu diperhatikan arahnya jika arah salah maka pilih reverse direction → centang.



Gambar 3. 20 Pemilihan pada dudukan motor

9. Lakukan hal yang serupa dengan langkah sebelumnya akan tetapi langkah dibawah digunakan untuk dudukan

bearing poros mata pisau dan cover dengan nilai force 28,63 N.



Gambar 3. 21 Pemilihan *farce* pada dudukan wajan dan cover

10. Klik kanan pada *mesh* → klik *create mesh*



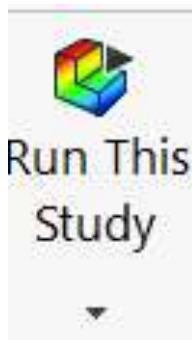
Gambar 3. 22 *create mesh*

11. Atur mesh density → centang.



Gambar 3. 23 mesh

12. Klik *run study* untuk mendapatkan hasil dari pengujian



Gambar 3. 24 run study

13. Ketika data simulasi tidak keluar → klik pada displacement 1 lalu tekan hide.
14. Simulasi yang dilakukan pada rangka selesai.

3.5.2 Langkah Kerja Simulasi Sirip Pengaduk Mesin Pembuat Permen

Dari rancangan disain, sirip pengaduk dibuat dari Stainless Steel AISI 316 dengan diameter wajan 340 mm sehingga jari-jari kerja sirip adalah 0,17 m dan tinggi

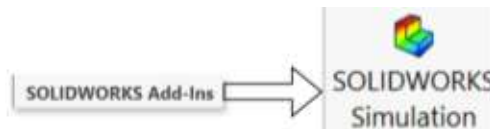
pengaduk 65 mm yang mempengaruhi luas bidang geser; material stainless memiliki tegangan luluh $\sigma_y \approx 1,724 \times 10^8$ Pa (172,4 MPa), dengan batas tegangan geser yang digunakan dalam desain sebesar 40% dari σ_y , yaitu $\tau_{izin} = 68,96$ MPa. Proses perakitan sirip pengaduk menggunakan metode pengelasan SMAW agar pengikatannya stabil dan mampu menahan torsi selama pengadukan, dan perencanaan simulasi dilakukan berdasarkan perhitungan beban dan torsi sehingga sirip pengaduk mampu bekerja dengan aman pada kecepatan rotasi yang ditentukan.

1. Buka aplikasi *solidworks*



Gambar 3. 25 *solidworks*

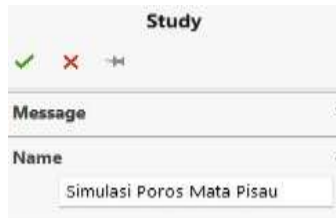
2. Lakukan *insert* desain alat pada aplikasi *solidworks*
3. klik *solidworks add-ins* untuk melakukan aktivasi *solidworks simulation*.



Gambar 3. 26 *solidworks add-ins*

4. Tekan *new study* lalu lakukan pemberian nama dari pada pengujian statik pada rangka dari alat yang akan di *fabrikasi* nanti dan jika sudah

memberi nama pengujian klik centang untuk melanjutkan ke tahap selanjutnya.



Gambar 3. 27 new study

5. Lalu *apply material* sesuai dengan material yang diinginkan.



Gambar 3. 28 apply material

6. Kemudian *fixtures advisor* → *fixed Geometry* → lakukan pemilihan titik *geometry* → pemilihan pada titik poros → klik centang.



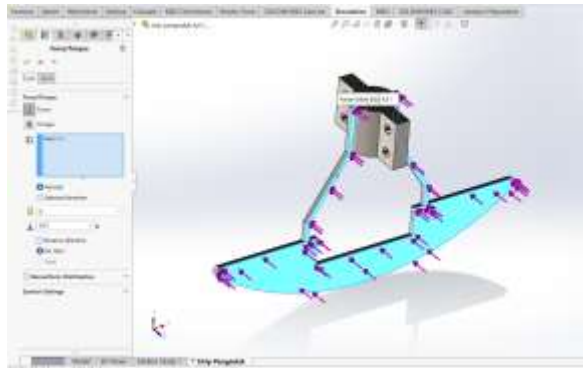
Gambar 3. 29 *fixed Geometry*

7. Selanjutnya melakukan pemberian arah gravitasi pada rangka pilih external load → gravity → selected reference → untuk nilai gravitasi 9.81 m/s^2 → untuk arah perlu diperhatikan arahnya jika arah salah maka pilih reverse direction → centang.



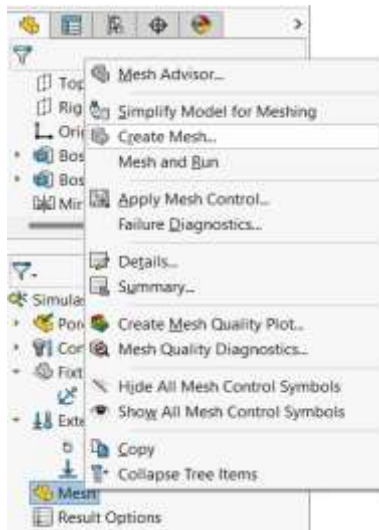
Gambar 3. 30 *gravity*

8. selanjutnya melakukan pemberian arah gaya pada poros mata pisau pilih external load → torsi → lakukan pemilihan bagian poros mata pisau → selected reference (arah) → untuk nilai torsi = $9,81 \text{ N}$ → centang.



Gambar 3. 31 Pemilihan arah *force*

9. Klik kanan pada mesh → klik *create mesh*



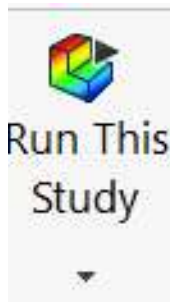
Gambar 3. 32 *create mesh*

10. Atur *mesh density* → centang.



Gambar 3. 33 *mesh density*

11. Klik *run study* untuk mendapatkan hasil dari pengujian



Gambar 3. 34 *run study*

- 12. Ketika data simulasi tidak keluar → klik pada displacement 1 lalu tekan *hide*.
- 13. Simulasi yang dilakukan pada rangka selesai.

3.6 Metode Pengujian

1. Pengambilan Data Desain

Table 3. 1 Data Desain

No	Hasil Perancangan	Desain	Aktual
1	Rangka	1. Besi siku 35×35×3 mm 2. Besi hollow 40×40×2 mm 3. Proses perakitan dengan las	
2	Poros Pengaduk	1. Besi as karbon 2. Ø poros sesuai hasil perhitungan (± 22 mm)	
3	Sirip Pengaduk	1. Plat stainless 3 mm 2. Dimensi sesuai model CAD SolidWorks	
4	Wajan	1. Plat stainless 3 mm (dibentuk hemisfer) 2. Kapasitas ± 1 kg adonan	
5	Sistem Pelelehan	1. Burner LPG + dudukan plat stainless 5 mm 2. Jarak burner – wajan 5–7 cm	

6	Motor Listrik	1. Daya 1,0 HP 2. Putaran 1400 rpm	
7	Transmisi	1. Pulley (Ø kecil 3 inci, Ø besar 12 inci) 2. V-belt type B	
8	Gearbox	WPO 40, rasio reduksi sesuai kebutuhan	
9	Bantalan / Bearing	Pillow block UCF 22 mm	
10	Kopling Poros	Kopling as baja karbon	
11	Sistem Sambungan	Baut M14 & M10 + Mur	
12	Material Pendukung	Plat besi 8 mm (rangka bawah), elektroda las	

Rencana analisa spesifikasi perbandingan spesifikasi disain/perancangan dengan spesifikasi aktual yang diterapkan pada mesin pembuat permen beserta dengan alasan pemilihan penerapan aktual pada mesin tersebut.

2. Simulasi Kekuatan Rangka

Table 3. 2 Data Kekuatan Rangka

No	Detail Input (Detail Lika)	Tabel Output (Detail)										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Detail yang diberikan adalah 30 panjang = 700 mm x 100 mm x 10 mm 1000 mm x 100 mm											

Rencana analisa distribusi beban yang terjadi pada rangka diberbagai titik yang sesuai dengan warna yang dihasilkan simulasi.

3. Simulasi Kekuatan Pada Sirip Pengaduk

Table 3. 3 Data Kekuatan sirip Pengaduk

No	Detail sirip Beban Aktif	Titik Rangkap Sirip										
		T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11
1	Detail sirip Beban Aktif Pengaduk 7 Aksen = 1 kg 1000 N											

Rencana analisa distribusi beban yang terjadi pada poros mata pisau diberbagai titik yang sesuai dengan warna yang dihasilkan simulasi.

BAB IV

PENGUJIAN *SIMULASI SOLIDWORKS*

4.1 Pembuatan Mekanik Mesin Pembuat Permen

Mesin pembuat permen dirancang dengan material yang memperhatikan kekuatan, ketahanan panas, dan korosi. Rangka utama menggunakan profil kotak baja 40×40×4 mm dan besi siku 35×35×5 mm, dengan dimensi 1000×1190×800 mm, dirakit melalui pengelasan untuk memastikan konstruksi yang kokoh dan stabil. Poros pengaduk berbahan baja Ø25 mm terhubung ke motor melalui sistem transmisi sabuk, dengan sirip pengaduk dari stainless steel AISI 316 (140×40×5 mm) yang dipasang menggunakan baut dan mur agar mudah dilepas atau diganti jika rusak. Wadah pemanas dari baja tahan panas (diameter 350 mm, tebal 2 mm) ditempatkan padaudukan rangka dan dipanaskan menggunakan kompor LPG, sehingga gula dapat meleleh merata menjadi karamel. Dengan desain dan material tersebut, mesin memiliki kekuatan struktural yang baik, aman digunakan, dan higienis karena bagian yang bersentuhan langsung dengan adonan terbuat dari stainless steel.

Table 4. 1 Data Desain dan aktual

No	Hasil Perancangan	Desain	Aktual
1	Rangka	1. Besi siku 35×35×3 mm 2. Besi hollow 40×40×2 mm 3. Proses perakitan dengan las	1. Besi siku 35×35×3 mm 2. Besi hollow 40×40×2 mm 3. Proses perakitan dengan las
2	Poros Pengaduk	1. Besi as karbon 2. Ø poros sesuai hasil perhitungan (±22 mm)	1. Besi as karbon 2. Ø poros sesuai hasil perhitungan (±22 mm)
3	Sirip Pengaduk	1. Plat stainless 3 mm 2. Dimensi sesuai model CAD SolidWorks	1. Plat stainless 3 mm 2. Dimensi sesuai model CAD SolidWorks
4	Wajan	1. Plat stainless 3 mm (dibentuk hemisfer) 2. Kapasitas ±1 kg adonan	1. Plat stainless 3 mm (dibentuk hemisfer) 2. Kapasitas ±1 kg adonan

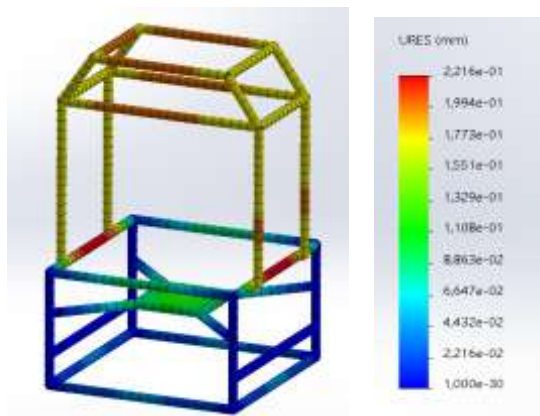
5	Sistem Pelelehan	1. Burner LPG + dudukan plat stainless 5 mm 2. Jarak burner – wajan 5–7 cm	1. Burner LPG + dudukan plat stainless 5 mm 2. Jarak burner – wajan 5–7 cm
6	Motor Listrik	1. Daya 1,0 HP 2. Putaran 1400 rpm	1. Daya 1,0 HP 2. Putaran 1400 rpm
7	Transmisi	1. Pulley (Ø kecil 3 inci, Ø besar 12 inci) 2. V-belt type B	1. Pulley (Ø kecil 3 inci, Ø besar 12 inci) 2. V-belt type B
8	Gearbox	WPO 40, rasio reduksi sesuai kebutuhan	WPO 40, rasio reduksi sesuai kebutuhan
9	Bantalan / Bearing	Pillow block UCF 22 mm	Pillow block UCF 22 mm
10	Kopling Poros	Kopling as baja karbon	Kopling as baja karbon
11	Sistem Sambungan	Baut M14 & M10 + Mur	Baut M14 & M10 + Mur

4.2 Hasil Simulasi dan Analisis Kekuatan

Simulasi dilakukan menggunakan SolidWorks Simulation untuk mengetahui perilaku mekanik komponen utama mesin, yaitu rangka dan sirip pengaduk. Analisis mencakup displacement (perpindahan), strain (regangan), dan stress Von Mises (tegangan). Hasil simulasi dibandingkan dengan yield strength material untuk memastikan apakah komponen masih berada dalam batas aman.

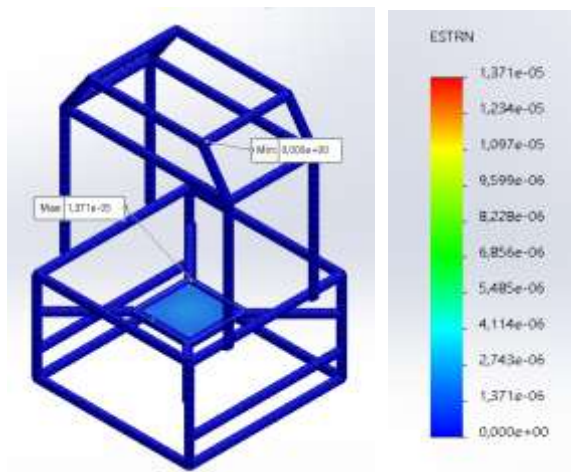
4.2.1 Rangka

Rangka mesin menggunakan material Alloy Steel dengan yield strength sebesar $6,20 \times 10^8 \text{ N/m}^2$. Rangka ini memikul beban motor, wadah pemanas, serta adonan. Simulasi dilakukan untuk memastikan bahwa rangka mampu menahan beban tersebut tanpa mengalami deformasi permanen.



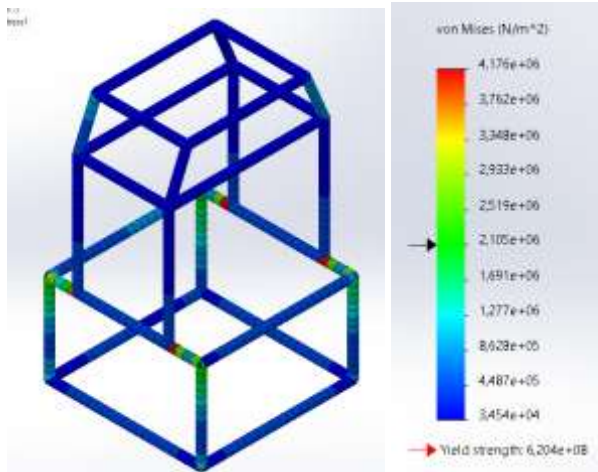
Gambar 4. 1 Hasil Simulasi *Displacement*

Pada Gambar 4.1 terlihat distribusi displacement pada rangka. Area berwarna biru muda hingga hijau mengalami perpindahan bentuk dengan nilai $1.000\text{e-}30$ mm – $2.634\text{e-}01$ mm, sedangkan area berwarna biru tua menunjukkan bagian yang tidak mengalami perpindahan signifikan. Perpindahan maksimum sebesar $0,263$ mm terjadi pada bagian atas rangka yang menahan beban motor dan wadah. Nilai ini tergolong sangat kecil, sehingga tidak mempengaruhi stabilitas mesin.



Gambar 4. 2 Hasil Simulasi Strain

Hasil simulasi strain ditampilkan pada Gambar 4.2. Area berwarna hijau hingga kuning menunjukkan regangan dengan nilai minimum 1.294×10^{12} dan maksimum 8.801×10^5 , sedangkan area biru menunjukkan regangan sangat kecil. Nilai strain maksimum ini masih jauh di bawah batas elastis material, sehingga rangka dapat kembali ke bentuk semula setelah menerima beban.



Gambar 4. 3 Hasil Simulasi Stress

Distribusi tegangan Von Mises ditunjukkan pada Gambar 4.3. Area berwarna merah hingga kuning merupakan titik dengan tegangan tertinggi, dengan nilai $1,171 \times 10^2 \text{ N/m}^2 - 1,545 \times 10^7 \text{ N/m}^2$, sedangkan area biru menunjukkan tegangan rendah. Tegangan maksimum ini masih jauh di bawah yield strength Alloy Steel ($6,20 \times 10^8 \text{ N/m}^2$), sehingga rangka mesin dinyatakan aman.

4.2.1.1 Analisa Distribusi Beban Pada Rangka

Analisa distribusi beban dilakukan untuk mengetahui besar tegangan tekan pada ($\sigma_1 - \sigma_{11}$). Hasil simulasi ditunjukkan pada Tabel 4.2 berikut:

Table 4. 2 Data Kekuatan Rangka

No	Beban input (Beban Aktif)	Yield Strength, σ_y										
		σ_1	σ_2	σ_3	σ_4	σ_5	σ_6	σ_7	σ_8	σ_9	σ_{10}	σ_{11}
1	F total yang diterima rangka ($F_{\text{rangka}} = F_{\text{plat}} + F_{\text{wajan}}$), $F = 111,7 \text{ N} + 28,59 \text{ N} = 140,29 \text{ kg}$ ($140,11 + 0,18$)	$3,450 \times 10^4$	$4,49 \times 10^4$	$5,00 \times 10^4$	$5,775 \times 10^4$	$6,00 \times 10^4$	$6,105 \times 10^4$	$6,315 \times 10^4$	$6,500 \times 10^4$	$6,680 \times 10^4$	$6,780 \times 10^4$	$6,10 \times 10^4$

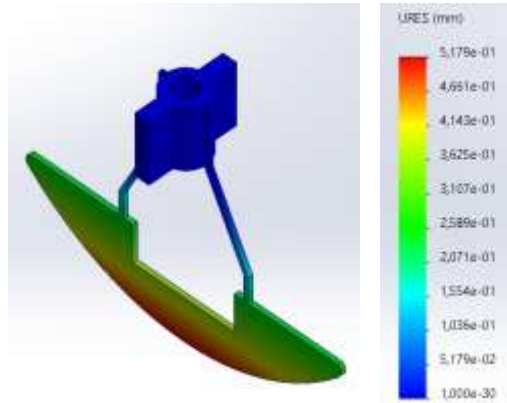


Gambar 4. 4 Grafik Data Tegangan Tekan

Berdasarkan hasil simulasi, nilai tegangan tekan terkecil terdapat pada σ_1 sebesar $3,45 \times 10^4 \text{ N/m}^2$, kemudian terjadi kenaikan signifikan pada σ_2 , yang menunjukkan adanya distribusi beban awal yang cukup besar pada rangka. Setelah itu, nilai tegangan relatif stabil dari σ_3 hingga σ_{11} , dengan nilai maksimum mencapai $4,18 \times 10^6 \text{ N/m}^2$. Nilai tersebut masih jauh di bawah yield strength Alloy Steel sebesar $6,20 \times 10^8 \text{ N/m}^2$, sehingga rangka dapat dinyatakan aman karena mampu menahan beban tekan tanpa melewati batas kekuatan material serta tidak berisiko mengalami deformasi permanen.

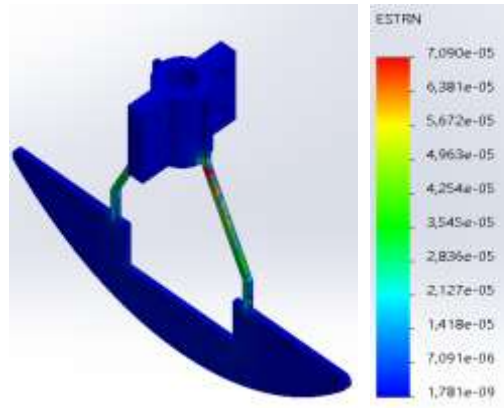
4.2.2 Sirip Pengaduk

Sirip pengaduk dibuat dari *Stainless Steel* AISI 316 dengan *yield strength* $1,72 \times 10^8$ N/m². Komponen ini berfungsi mencampur adonan permen yang kental, sehingga harus mampu menahan gaya tahanan adonan.



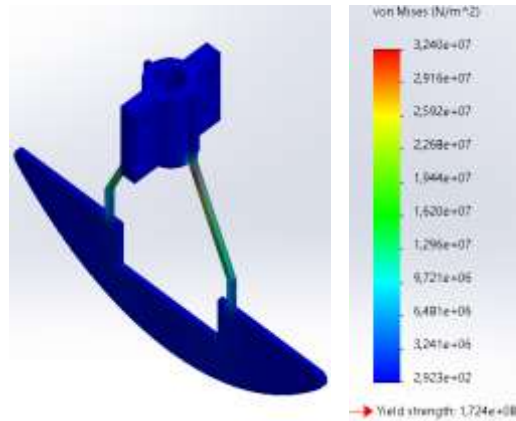
Gambar 4. 5 Data Simulasi *Displacement*

Gambar 4.5 menunjukkan hasil simulasi displacement pada sirip pengaduk. Area berwarna hijau hingga kuning mengalami perpindahan dengan nilai $0,000\text{e}+00$ mm – $5,179\text{e}-01$ mm. Perpindahan terbesar terjadi pada ujung sirip, sedangkan area yang terhubung ke poros tetap stabil. Nilai maksimum $0,5179$ mm ini tergolong kecil dan tidak mengganggu fungsi pengadukan.



Gambar 4. 6 Data Simulasi *Strain*

Distribusi strain ditunjukkan pada Gambar 4.6. Area berwarna hijau hingga kuning menunjukkan regangan antara $1,781 \times 10^9 - 7,090 \times 10^5$, sementara area biru menunjukkan regangan sangat kecil. Nilai strain ini masih jauh di bawah batas elastis material, sehingga sirip tidak mengalami deformasi permanen.



Gambar 4. 7 Data simulasi Stress

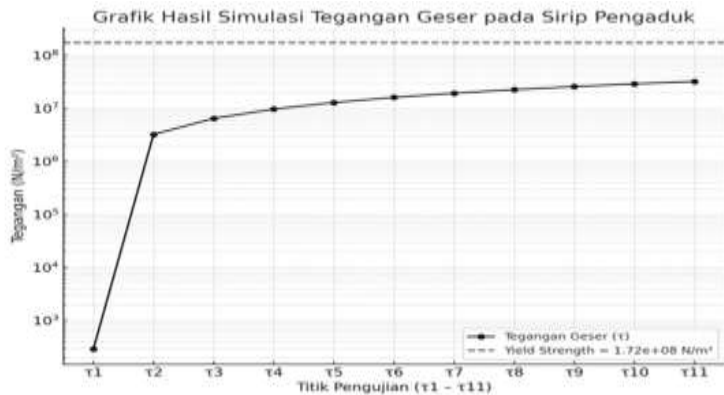
Hasil simulasi *Von Mises stress* pada sirip pengaduk ditunjukkan pada Gambar 4.7. Area merah hingga kuning memperlihatkan tegangan terbesar dengan nilai $2,923 \times 10^2 \text{ N/m}^2 - 3,240 \times 10^7 \text{ N/m}^2$, sedangkan area biru menunjukkan tegangan rendah. Nilai maksimum masih jauh di bawah *yield strength* AISI 316 $1,72 \times 10^8 \text{ N/m}^2$, sehingga sirip pengaduk aman digunakan.

4.2.2.1 Analisa Distribusi Beban pada Sirip Pengaduk

Analisa distribusi beban pada sirip pengaduk menunjukkan bahwa nilai tegangan geser pada semua titik simulasi berada jauh di bawah *yield strength* material AISI 316. Hal ini menunjukkan bahwa sirip pengaduk mampu menahan gaya tahanan adonan secara efektif, tidak mengalami deformasi permanen, dan aman digunakan dalam proses produksi permen.

Table 4. 3 Data kekuatan Sirip Pengaduk

No	Beban input (Beban Adal)	Tegak Strength N/m^2										
		σ_1	σ_2	σ_3	σ_4	σ_5	σ_6	σ_7	σ_8	σ_9	σ_{10}	σ_{11}
1	F total yang diberikan rangka (F rangka = F plat + F walan) , F = $131,75 + 33,575 + 36,34 \text{ kg}$ ($100,15 \times 9,81$)	1,65E+04	4,8E+05	8,65E+05	1,27E+06	1,69E+06	2,10E+06	2,51E+06	2,92E+06	3,34E+06	3,76E+06	4,18E+06



Gambar 4. 8 Grafik Data Tegangan Geser

Dari hasil simulasi, nilai tegangan geser terkecil terdapat pada τ_1 sebesar $2,923 \times 10^2 \text{ N/m}^2$, lalu terjadi kenaikan tajam pada τ_2 , menandakan adanya peningkatan signifikan pada awal pembebanan. Selanjutnya nilai tegangan meningkat secara bertahap hingga mencapai maksimum pada σ_{11} sebesar $3,24 \times 10^7 \text{ N/m}^2$. Jika dibandingkan dengan *yield strength* material AISI 316 sebesar $1,72 \times 10^8 \text{ N/m}^2$, seluruh hasil simulasi masih berada jauh di bawah batas kekuatan material. Hal ini menunjukkan bahwa sirip pengaduk mampu menahan gaya geser dari adonan secara efektif dan aman digunakan dalam proses produksi tanpa mengalami deformasi permanen.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan, pembuatan mekanik, serta pengujian simulasi *SolidWorks* pada mesin pembuat permen, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Mesin pembuat permen berhasil dirancang dan difabrikasi dengan menggunakan material sesuai kebutuhan. Rangka mesin dibuat dari profil kotak baja karbon $40 \times 40 \times 4$ mm dan besi siku $35 \times 35 \times 5$ mm, dengan dimensi keseluruhan panjang 1000 mm, lebar 1190 mm, dan tinggi 800 mm. Poros pengaduk menggunakan round bar baja $\varnothing 25$ mm, sedangkan sirip pengaduk dibuat dari *stainless steel* AISI 316 berbentuk plat berukuran $140 \text{ mm} \times 40 \text{ mm} \times 5 \text{ mm}$. Wadah pemanas berupa wajan baja tahan panas dipasang pada dudukan rangka dengan sistem pemanas *LPG* sehingga mampu menghasilkan panas merata untuk proses pelelehan gula.
2. Dari hasil perhitungan diperoleh bahwa torsi dan daya yang dibutuhkan motor penggerak masih berada dalam batas kemampuan motor yang digunakan. Hal ini menunjukkan bahwa rancangan mesin mampu bekerja secara efektif untuk mengaduk adonan permen.
3. Hasil simulasi menunjukkan displacement maksimum 0,263 mm, strain maksimum $8,801 \times 10^{-5}$, dan *stress Von Mises* maksimum $1,545 \times 10^7 \text{ N/m}^2$. Nilai ini jauh di bawah *yield strength Alloy Steel* sebesar $6,20 \times 10^8 \text{ N/m}^2$, sehingga rangka aman menahan beban motor, wadah pemanas, dan adonan tanpa mengalami deformasi permanen.

4. Pada sirip pengaduk diperoleh displacement maksimum 0,5179 mm, strain maksimum $7,090 \times 10^{-5}$, dan *stress Von Mises* maksimum $3,240 \times 10^7$ N/m². Nilai ini masih jauh di bawah *yield strength* AISI 316 sebesar $1,72 \times 10^8$ N/m², sehingga sirip pengaduk dinyatakan aman digunakan untuk mencampur adonan permen tanpa risiko deformasi permanen.
5. Analisis distribusi beban pada τ_1 – τ_n baik pada rangka maupun sirip pengaduk menunjukkan seluruh nilai tegangan yang terjadi berada di bawah *yield strength* material masing-masing. Dengan demikian, seluruh komponen utama mesin dinyatakan aman untuk beroperasi dalam kondisi yang dirancang.
6. Secara keseluruhan, mesin pembuat permen yang dirancang ini dinyatakan layak dan aman untuk digunakan dalam proses produksi skala kecil hingga menengah, sesuai dengan tujuan perancangan.

5.2 Saran

1. Uji coba nyata diperlukan untuk memverifikasi hasil simulasi. Dengan pengujian langsung, dapat diketahui performa mesin saat beroperasi dalam kondisi sesungguhnya, termasuk pengaruh getaran, panas, dan beban adonan yang tidak sepenuhnya terwakili dalam simulasi.
2. Pengembangan kapasitas produksi dapat dilakukan dengan memperbesar ukuran rangka, diameter wajan pemanas, dan panjang sirip pengaduk. Hal ini akan menjadikan mesin lebih sesuai untuk produksi skala industri kecil hingga menengah.
3. Peningkatan sistem pemanas dengan menambahkan kontrol suhu otomatis sangat disarankan. Sistem ini dapat menjaga kestabilan suhu pemanasan gula, sehingga kualitas permen yang dihasilkan lebih konsisten dan mengurangi risiko gosong atau kurang matang.

4. Pemilihan material rangka sebaiknya dipertimbangkan menggunakan stainless steel untuk meningkatkan ketahanan terhadap korosi dan menjaga higienitas mesin, terutama karena mesin digunakan dalam industri makanan.
5. Efisiensi energi dapat ditingkatkan dengan menambahkan isolasi termal pada wadah pemanas dan mengoptimalkan sistem transmisi tenaga, sehingga konsumsi LPG dan energi mekanik lebih hemat.

DAFTAR PUSTAKA

- Alfarisi, S., Hartono, P., & Lesmanah, U. (2019). Perencanaan mesin pengaduk adonan kerupuk jenis paddle untuk home industri. *Jurnal Teknik Sipil dan Mesin*, Universitas Islam Malang.
- Andriani, N., & Setiawan, H. (2020). Desain dan evaluasi mesin pembuat permen skala kecil berbasis LPG. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 10(2), 89–97.
- Ardiansyah, R., Hasanah, R. N., & Wijono. (2013). Rancang bangun sistem pengaduk adonan dodol dengan kecepatan konstan dan torsi adaptif. *Jurnal EECCIS*, Universitas Brawijaya.
- Badan Pusat Statistik. (2023). *Statistik Tebu Indonesia 2022*. Badan Pusat Statistik. <https://www.bps.go.id/id/publication/2023/11/30/3296e8514178dfdad17fc500/statistik-tebu-indonesia-2022.html>.
- Carson, J. K. (2015). Thermal conductivity measurement and prediction of particulate foods. *International Journal of Food Properties*, 18(12), 2840–2849. <https://doi.org/10.1080/10942912.2015.1016576>.
- Chen, A. H., Hung, Y. C., & Thompson, D. R. (1979). Measurement of thermal conductivity of dairy products. *Journal of Dairy Science*, 62(6), 901–907. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(79\)83339-7](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(79)83339-7).
- Hendrawan, H., Wibowo, S., & Sutopo, W. (2016). Optimasi dengan algoritma RSM-CCD pada evaporator vakum waterjet dengan pengendali suhu fuzzy pada pembuatan

- permen susu. *agriTECH*, 36(3), 299–308.
<https://doi.org/10.22146/agritech.12868>.
- Ramadani, L. A., & Ilham, M. M. (2024). Rancang bangun komponen pengaduk adonan permen tape kapasitas 20 kg. *Jurnal Rancang Bangun Mesin*.
- Ridwan, A., & Soemarno, E. (2019). Efisiensi penggunaan energi pada mesin pembuat permen berkapasitas 1 kg. *Jurnal Mesin dan Industri*, 8(1), 53–60. <https://doi.org/10.4321/jmi.8.1.53>.
- Shariaty-Niassar, M., Hozawa, M., & Tsukada, T. (2000). Development of probe for thermal conductivity measurement of food materials under heated and pressurized conditions. *Journal of Food Engineering*, 43(3), 133–139. [https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(99\)00144-6](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(99)00144-6).
- Shigley, J. E. (1983). *Mechanical Engineering Design*. McGraw-Hill Book Company.
- Suprianto. (2015). Teori Motor AC dan Jenis Motor AC. *Zona Elektro*, 3(2), 5–12.
- Sularso. (1997). *Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin*. Jakarta: Pradnya Paramita.
- Sularso, & Suga, K. (1987). *Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin*. Jakarta: Pradnya Paramita. (hal. 135).
- Sularso, & Suga, K. (2004). *Dasar perencanaan dan pemilihan elemen mesin* (Edisi Revisi). Jakarta: Pradnya Paramita.
- Syafrizal. (2017). Bagaimana Menentukan Slip Pada Transmisi Pulley & V-Belt Pada Beban Tertentu Dengan Menggunakan

Motor Berdaya Seperempat HP. *Simetris: Jurnal Teknik Mesin, Elektro dan Ilmu Komputer*, 8(1), 21–26. <https://doi.org/10.24176/simet.v8i1.834>.

Triyaananta, R. F., & Ilham, M. M. (2024). Analisis kebutuhan daya pada mesin pengaduk adonan permen tape kapasitas 20 kg. *Jurnal Teknik Mesin*.

Wongsiriamnouy, T., dkk. (2022). Evaluasi efisiensi mesin pembuat permen jahe dengan variasi daya motor terhadap kapasitas produksi. *Jurnal Teknologi Pangan*.

Yadav, A. K., & Rajan, K. (2016). Design and development of candy making machine. *International Journal of Food Engineering*.

LAMPIRAN