

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Seiring berkembangnya teknologi usaha dalam industri pertanian yang semakin pesat berkembang dan canggih, yakni petani tidak lagi menggunakan alat-alat konvensional untuk melakukan pemipilan. Jagung adalah hasil pertanian yang memiliki kadar gula yang rendah, sehingga produk jagung banyak digunakan untuk menghasilkan olahan seperti, tepung, minyak, gula dan lain sebagainya. Untuk memperoleh produk olahan tersebut sistem produksi memerlukan alat atau mesin yang lebih efektif dan efisien untuk meningkatkan kualitas dan mempercepat pengerjaan untuk proses pemipilan. Maka dari itu kami tertarik untuk merancang mesin pemipil jagung yang hemat biaya dan hemat tenaga manusia.

Perbedaan mesin yang kami rencanakan dengan yang dipasaran sebagai berikut:

1. Mesin yang kami rancang terjangkau murah
2. Perawatan mata pisau mesin lebih mudah dan praktis.
3. Memiliki media pemisah antara biji jagung dengan bonggol jagung sehingga biji jagung yang keluar bersih dan tidak terdapat bonggol.
4. Biji jagung tidak mengalami kerusakan, serta proses pengoperasian alat lebih hemat dari tenaga manusia.
5. Menggunakan motor bensin sebagai mesin penggerak, dengan alasan kami memilih menggunakan motor bensin adalah biaya dan cara perawatan yang lebih hemat dan ekonomis.

Sebab itu kami sangat tertarik untuk merancang mesin pemipil tersebut dengan judul “Redesign Mesin Pemipil Jagung dengan Menggunakan Motor Bensin sebagai Sumber Energi Penggerak”.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dalam perancangan mesin pemipil jagung ini adalah bagaimana design mesin pemipil jagung yang efektif dan efisien ?

1.3 Batasan Masalah

Pembahasan dari tugas akhir ini menjadi lebih terarah dan dapat mencapai hasil yang diharapkan, maka dalam rancang bangun mesin pemipil jagung ini terdapat batasan masalah sebagai berikut :

1. Mesin penggerak menggunakan motor bensin dengan daya 13 Hp dan putaran 3600 Rpm.
2. Sistem transmisi menggunakan transmisi sabuk dan puli.
3. Pengujian menggunakan jagung dalam bentuk utuh.
4. Perhitungan meliputi perencanaan daya, torsi, dan elemen dari mesin pemipil jagung.
5. Diameter puli yang digunakan untuk penggerak 3 inchi dan untuk yang digerakkan 6 inchi.

1.4 Tujuan Perancangan

Berdasarkan rumusan masalah di atas maka tujuan dari perancangan mesin pemipil jagung ini adalah sebagai berikut :

- a. Untuk mendapatkan rancangan alat pemipil jagung.
- b. Untuk mendapatkan kapasitas dan alat pemipil jagung yang di redesain.

1.5 Manfaat Perancangan

- a. Meningkatkan efektifitas dan efisiensi kerja dalam pemipilan jagung.
- b. Mempermudah petani jagung pada proses pemipilan jagung serta menghemat tenaga dan biaya pengerjaan.
- c. Memberikan manfaat serta solusi bagi para petani untuk meningkatkan hasil produksi jagungnya.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tanaman Jagung (*zae mays*)

Tanaman jagung di Indonesia sudah dikenal sekitar 400 tahun yang lalu, didatangkan oleh seorang Portugis dan Spanyol. Daerah sentrum produksi jagung di Indonesia pada mulanya terkonsentrasi di wilayah Jawa Tengah, Jawa Timur, dan Madura. Selanjutnya, tanaman jagung lambat laun meluas di tanam di luar daerah sentrum produsen jagung paling luas di Indonesia antara lain adalah Jawa Timur, Jawa Tengah, Nusa Tenggara Barat, Nusa Tenggara Timur, dan DI Yogyakarta, dan perkiraan penurunan produksi jagung relatif besar terjadi di Provinsi Aceh, Sulawesi Tengah, Sumatera Selatan, Banten, dan Riau. Area pertanaman jagung sekarang sudah terdapat di seluruh provinsi di Indonesia dengan luas area bervariasi. Pada abad ke-19, penanaman jagung meluas di negara-negara beriklim sub-tropis di dunia. Pusat pertanaman jagung di Amerika disebut Corn Belt yang meliputi daerah Indiana, Dakota, Illionis, Iowa, Wisconsin, Michigan, Minnesota, Nebraska, dan Kansas. Pada waktu itu jagung menempati 80% dari luas area pertanaman padi-padian (serealia) di Meksiko (Rukmana, 1997). Linnaeus (1737), seorang ahli botani, memberikan nama *Zea mays* untuk tanaman jagung. *Zea* berasal dari bahasa Yunani yang digunakan untuk mengklasifikasikan jenis padi-padian.

Adapun *mays* berasal dari bahasa Indian, yaitu *mahiz* atau *marisi* yang kemudian digunakan untuk sebutan spesies. Sampai sekarang nama yang latin jagung disebut *Zea mays* Linn (Rukmana, 1997). Banyak pendapat dan teori mengenai asal tanaman jagung. Tetapi secara umum para ahli sependapat bahwa jagung berasal dari Amerika Tengah atau Amerika Selatan. Jagung secara historis terkait erat dengan suku Indian, yang telah menjadikan jagung sebagai bahan makanan sejak 10.000 tahun yang lalu. Tanaman jagung yang ada di wilayah Asia diduga berasal dari Himalaya. Hal ini ditandai oleh ditemukannya tanaman keturunan jali (jagung jali, *Coix spp*) dengan *famili Aropogoneae*. Produksi jagung dunia menempati urutan ketiga setelah padi dan gandum. Distribusi penanaman jagung terus meluas di berbagai negara di dunia karena tanaman ini mempunyai

daya adaptasi yang luas di daerah subtropik ataupun tropik. Indonesia merupakan negara penghasil jagung terbesar di kawasan Asia Tenggara, maka tidak berlebihan bila Indonesia mengancam swasembada jagung (Rukmana, 1997).

2.2 Pemipil

Tujuan pemipilan adalah untuk menghindari kerusakan, kehilangan, dan memudahkan pengangkutan serta pengolahan selanjutnya. Oleh karena itu proses pemipilan harus dilakukan secara tepat. Di Indonesia terutama di daerah pedesaan, pemipilan dilakukan dengan cara tradisional, yaitu dengan penggunaan tangan. Hasil dengan cara tradisional ini kurang efisien dan membutuhkan waktu yang lama, maka untuk meningkatkan hasil pemipilan yang tinggi, maka ditemukan berbagai cara dan alat untuk pemipilan jagung yang tepat guna, sehingga tingkat pemipilan jagung meningkat tanpa membutuhkan waktu lama.

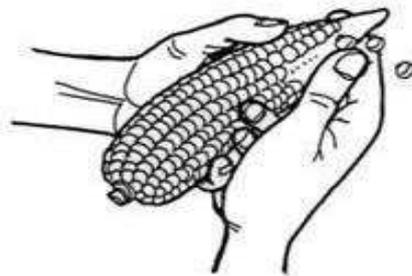
2.2.1 Jenis-Jenis Pemipil Jagung

Pemipilan adalah proses pemisahan biji jagung dengan tongkol jagung dimana proses pemipilan yang tepat dapat dilakukan setelah kadar air yang terkandung dalam jagung berkisar antara 18-20.

Ada beberapa cara pemipilan jagung yaitu :

1. Pemipilan dengan menggunakan tangan

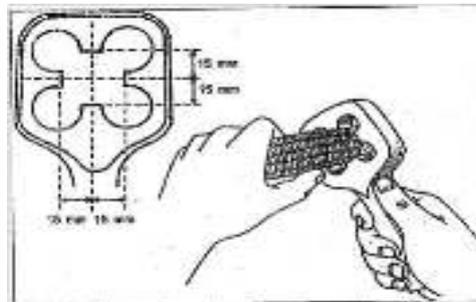
Pemipilan dengan cara ini adalah merupakan cara tradisional yang pada umumnya cara ini masih berlaku sampai sekarang. Dengan menggunakan cara ini hasil dari pemipilan dijamin bersih dan kerusakan pemipilan yang timbul sangat kecil akan tetapi kapasitas dengan menggunakan cara ini sangat berkurang yaitu 10- 20 kg/jam setiap orang.



Gambar 2.1 Pemipilan jagung menggunakan tangan

2. Pemipilan Jagung Menggunakan TPI

Alat pemipil jagung tipe TPI adalah alat pemipil manual yang digunakan pada jagung dengan ukuran tertentu. Pemodelan pada alat ini adalah terbuat dari bahan kayu dengan ukuran berbagai variasi tergantung pada besar dari tongkol jagung sehingga dibutuhkan alat pada model ini lebih dari satu ukuran. kapasitas pemipilan dengan menggunakan alat ini berkisar antara 12-15 kg biji jagung /jam pada setiap orang, dengan kerusakan pada biji jagung relative kecil. prinsip kerja pada alat ini cukup sederhana karena jagung yang telah dibersingkan dari daun jagung nya, maka jagung tersebut dimasukkan pada alat pemipil tersebut kemudian diputar.



Gambar 2.2 Alat Pemipil Jagung Tipe Tpi

3. Pemipil besi diputar

Pemipilan secara manual mempunyai beberapa keuntungan, antara lain persentase biji rendah dan sedikit kotoran yang tercampur dalam biji. Kapasitas pemipilannya sangat rendah yaitu 10-20 kg/jam/orang, sehingga dibutuhkan waktu 8,33 hari untuk memipil satu ton jagung. Lamanya waktu pemipilan menyebabkan penundaan proses selanjutnya, sehingga mempercepat berkembangnya aflatoxin.



Gambar 2.3 Alat Pemipil Jagung Besi Diputar

4. Alat pemipil jagung tipe ban

Mekanisme pemipilan dilakukan oleh silinder pemipil dan saringan penahan. Silinder pemipil berfungsi untuk menggerakkan tongkol jagung dan melepaskan biji jagung dengan gaya gesek yang ditimbulkannya. Saringan penahan berfungsi untuk menahan dan menekan jagung yang akan dipipil sehingga proses pemipilan dapat berlangsung dengan baik. Selain itu, saringan penahan juga berfungsi untuk memisahkan biji jagung yang telah terpipil dengan tongkol jagung. Pada saringan penahan dilengkapi dengan per (pegas) yang berfungsi untuk membantu proses pemipilan dan pengaturan celah antara silinder dengan saringan penahan karena ukuran jagung yang dipipil beragam.



Gambar 2.4 Alat pemipil jagung tipe ban

Cara kerja dari alat ini adalah:

- a. Masukkan jagung tongkol ke dalam bak penampungan yang merupakan tempat sementara sebelum jagung dipipil. Letak bak penampungan ini berada di bagian depan tempat duduk operator.
- b. Saluran pengumpanan dipasang dengan kemiringan $11,5^\circ$. Kemiringan tersebut menyebabkan jagung tongkol yang diumpankan dapat bergerak karena adanya gaya berat jagung dan tanpa ada kemacetan. Setelah melewati saluran pengumpanan, jagung tongkol masuk ke unit pemipilan.

- c. Pada silinder pemipil terdapat satu baris baut yang menonjol ke permukaan dan berfungsi sebagai pelepas biji jagung pertama. Selain itu, barisan baut tersebut juga berfungsi untuk membalik dan mendorong tongkol jagung dari daerah pemipilan bila terjadi selip. Silinder tersebut ditutupi dengan ban mobil luar bekas yang masih mempunyai gigi sehingga dapat menimbulkan gesekan dan gaya pukul sehingga proses pemipilan terjadi lebih mudah.
- d. Biji-biji jagung yang telah dipipil ditampung dalam bak penampungan.

5. Alat pemipil jagung semi mekanis

Mesin pemipil jagung ini merupakan mesin yang menggunakan motor listrik/ ataupun dengan menggunakan mesin yang menggunakan bahan bakar sebagai penggerakannya. Dengan adanya mesin ini pekerjaan pemipilan jagung menjadi lebih efektif dan efisien dibandingkan dengan cara manual. Kemajuan teknologi yang semakin pesat maka banyak menciptakan mesin pemipil dipasaran yang sangat bermanfaat bagi petani. Adapun dua jenis mesin pemipil jagung yang sudah dikembangkan saat ini yaitu mesin pemipil jagung non daun dan mesin pemipil jagung berkelobot. Keuntungan dari penggunaan mesin adalah kapasitas pemipilan lebih besar dari cara manual. Namun apabila cara pengoperasiannya tidak benar dan kadar air jagung yang di pipil tidak sesuai, maka akan mempengaruhi viabilitas benih. Adapun beberapa alat pemipil jagung tersebut yaitu :

1) Mesin pemipil jagung non daun

Berikut kami sampaikan mesin pemipil jagung kering yang sudah terkelupas daunnya, atau jagung tanpa daun.

a) Spesifikasi mesin pemipil jagung kapasitas 500-100 kg/jam



Gambar 2.5 Mesin Pemipil Jagung Kapasitas 500 Kg –
1000 Kg / Jam.

Kapasitas	: 500 Kg – 1000 Kg/ Jam.
Material Mesin	: Plat Mild Steel.
Penggerak	: Motor Diesel.
Daya (Power)	: 12 HP.
Energi Yang Digunakan	: Solar.
Rangka	: Besi Siku UNP.
Dimensi Mesin	: 2000 x 900 mm x 1600 mm.

Dilengkapi dengan roda

Aplikasi/Penggunaan : Untuk memipil jagung kering dari batangnya yang sudah terkelupas daunnya (Klobotnya).

b) Spesifikasi mesin pemipil jagung kapsitas 20 – 30 kg/jam.



Gambar 2.6 Mesin Pemipil Jagung Kapasitas 20 Kg – 30 Kg / Jam

Kapasitas	: 20 Kg – 30 Kg/ Jam.
Material Mesin	: UCP 205.
Penggerak	: Motor Listrik.
Daya (Power)	: 1 HP.
Energi Yang Digunakan	: Listrik.

Rangka : Besi Siku 40 x 40 x 4.
Dimensi Mesin : 800 x 550 mm x 600 mm.
AS 1 Inch Dan Pipa 2 Inch.
Saringan Beton Eser.
Aplikasi/Penggunaan : Untuk memipil jagung kering dari batangnya yang sudah terkelupas daunnya (Klobotnya).

2). Mesin pemipil jagung berkelobot

- a) Spesifikasi mesin pemipil jagung 1000 kg/jam versi mobile.



Gambar 2.7 Mesin Pemipil Jagung 1000 Kg / Jam Versi *Mobile*.

Kapasitas : 1000 Kg / Jam.
Material Mesin : Plat Mild Steel.
Penggerak : Motor Diesel.
Daya (*Power*) : 24 HP.
Energi Yang Digunakan : Solar.
Rangka : Besi Siku UNP.
Dimens Mesin : 2500 x 1200 mm x 1800 mm.

Alat ini dapat digunakan tanpa harus mengupas kelobot dari tongkol jagung, digerakkan dengan motor penggerak diesel 6-7 HP. Komponen utamanya antara lain silinder pemipil yang memiliki gigi pemipil yang tidak sama tingginya. Hal ini memudahkan pemipilan dan memisahkan jagung pipilan dengan tongkol/ janggel dan kelobotnya. Pada silinder pemipil dilengkapi dengan plat yang berfungsi sebagai pelempar kelobot. Mesin ini juga dilengkapi rakitan ayakan untuk memisahkan jagung pipilan dengan tongkol jagung dan kelobot. Ayakan dapat diatur kemiringannya sehingga dapat menekan jagung dan kelobotnya.

Keunggulan mesin ini adalah tidak perlu mengupas kelobot pada proses pemipilan sehingga lebih efisien dari segi waktu, tingkat kerusakan biji rendah (<1%) karena kelobotnya dapat berfungsi sebagai bantalan pada saat proses pemipilan biji. Kapasitas pemipilan mencapai 3,6 ton jagung pipilan per jam untuk pakan dan 1 ton pipilan per jam untuk benih dengan tingkat kebersihan mencapai 99%. Teknologi pemipil jagung berkelobot ini dapat dikembangkan oleh industri alat dan mesin pertanian maupun industri pakan ternak dan industri perbenihan berbasis jagung.

2.3 Prinsip Kerja Alat

Mesin pemipil jagung ini mempunyai fungsi utama yaitu sebagai pemisah biji jagung dari tongkolnya. Mesin ini di terbuat dari bahan-bahan sederhana tetapi bermanfaat bagi pengguna yang bertujuan untuk mempermudah dalam proses pemipilan jagung. Mesin ini digerakan oleh sebuah motor penggerak yang menggunakan daya motor bensin untuk proses kerjanya.

Jagung yang akan di pipil terlebih dahulu dikeringkan hingga kadar air yang terkandung dalam jagung yang berkisar antara 12-14 % untuk mempermudah jagung terpisah dari tongkolnya serta menghindari kerusakan pada biji jagung saat pemipilan berlangsung.

Langka- langkah proses pemipilan biji jagung adalah sebagai berikut:

1. Siapkan jagung kering.
2. Menghidupkan motor penggerak, dan pastikan sabuk terpasang dengan benar antara puli penggerak dengan puli yang akan digerakkan (puli poros utama).
3. Langkah selanjutnya jagung dimasukkan melalui corong/hopper saluran masuk hingga jagung masuk kedalam rumah yang telah di lengkapi dengan pisau pemipil.
4. Setelah jagung terpipil biji jagung otomatis turun melalui saringan utama yang dimana saringan utama berfungsi untuk memisahkan bonggol jagung dengan biji jagung tersebut dan keluar melalui saluran bawah.

2.4 Dasar-Dasar Perancangan Teknik

2.4.1 Defenisi Perancangan Teknik

Perancangan teknik adalah aktifitas membangun dan mendefinisikan solusi untuk masalah yang tidak dapat dipecahkan sebelumnya. Perancangan teknik dengan menggunakan ilmiah dan memastikan agar produknya sesuai dengan kebutuhan pasar serta spesifikasi desain produk yang telah disepakati, namun tetap dapat dipabrikasi dengan metode yang optimum (Budynas, 2011). Aktifitas desain dapat dikatakan selesai apabila hasil produk telah dapat dipergunakan dan diterima serta metode yang terdefinisi dengan jelas (Hurst, 1999). Selain itu Merris Asmov menerangkan bahwa perancangan teknik adalah suatu aktivitas dengan maksud tertentu menuju kearah tujuan dari pemenuhan kebutuhan manusia.

2.4.2 Metode Perancangan Teknik

Perancangan teknik metode secara sederhana yaitu proses pemecahan masalah, metode suatu proses untuk mendukung suatu perancangan dengan cara yaitu menyediakan suatu kerangka kerja atau metodologi. Sehingga dapat membantu perancang teknik dalam memulai perancangannya. Metode pendekatan yang sistematis dan dokumentasi yang jelas serta logis akan membantu dalam perkembangan desain. Hal ini juga akan berguna untuk mengembangkan desain produk dikemudian hari. Referensi dokumentasi pendukung yang lengkap dapat membantu membuktikan bahwa praktik dalam proses perancangan menggunakan metode yang terbaik yang digunakan dalam ketentuan hukum. Hurst (1999) mengatakan bahwa terdapat beberapa pendekatan sistematis yang berbeda detailnya namun memiliki konsep yang sama yaitu sebagai berikut:

- a. Proses desain yang sistematis yang direkomendasikan oleh Pahl dan Beitz.

Pahl dan Beitz mengusulkan bahwa metode merancang produk dapat dilihat pada model pendekatan sisitematis berikut:

Secara umum Pahl dan Beitz merancang terdiri dari 4 kegiatan atau fase yaitu :

- 1) Perencanaan dan penjelasan tugas.
- 2) Perencanaan konsep produk.
- 3) Perencanaan bentuk produk.
- 4) Perancangan detail.

Setiap fase dalam proses perancangan berakhir pada hasil fase, seperti dalam fase pertama yang akan menghasilkan daftar persyaratan dan spesifikasi perancangan. Pada setiap hasil fase akan menjadi masukan pada fase berikutnya dan akan menjadi umpan balik bagi fase sebelumnya.

b. Proses desain sistematis yang direkomendasikan oleh SEED (*Pugh*)

Sistematika proses desain yang direkomendasikan oleh SEED memiliki kesamaan dengan rekomendasi sebelumnya yaitu, proses dasar untuk mengidentifikasi masalah, menghasilkan potensi solusi tersebut, menyempurnakan dan menganalisis konsep solusi yang dipilih, melaksanakan desain detail dan menghasilkan deskripsi produk yang memungkinkan masuk proses pabrikasi.

Proses desain ini lebih mengutamakan proses konsep agar mematangkan perancangan. Jika konsep sudah terpilih maka akan dilakukannya desain detail, lalu mulai melakukan analisa detail. Jika hal ini sudah sempurna maka akan dilakukan proses pabrikasi.

Proses pabrikasi dilakukan di tempat *work piece*, dan harapannya bisa membuat mesin yang sempurna. Pada akhir pabrikasi perlu ditambahkan cara penggunaannya dan cara merawat hariannya. Sehingga dapat menambah umur dari mesin ini sendiri.

1. Proses Perancangan Archer

Metode yang digunakan lebih rinci dikembangkan oleh (Archer, 1985). Ini termasuk interaksi dengan dunia di luar proses desain itu sendiri, hal ini biasanya permintaan dari konsumen dalam menentukan pembuatannya. Pada masa pembuatannya diperlukan pelatihan dan pengalaman yang luar biasa dan hasil rancang yang sangat rinci agar sempurna. Keluarannya tentu saja komunikasi solusi secara spesifik. Berbagai input dan output ini ditampilkan sebagai eksternal untuk proses desain dalam diagram alur, yang juga

menampilkan banyak putaran umpan balik. Dalam proses desain, Archer mengidentifikasi enam jenis aktivitas, diantaranya sebagai berikut:

1. Pemograman: menetapkan isu-isu penting, mengusulkan tindakan sementara (mentahan).
2. Pengumpulan data: mengumpulkan, mengklasifikasikan dan menyimpan data.
3. Analisis: mengidentifikasi sub-masalah, menyiapkan spesifikasi kinerja atau desain, menilai kembali program dan estimasi yang diusulkan.
4. Sintesis: menyiapkan proposal desain garis besar.
5. Pengembangan: mengembangkan desain prototipe, mempersiapkan dan melaksanakan studi validasi.
6. Komunikasi dan menyiapkan dokumentasi pabrikan.

Archer meringkas proses ini menjadi empat fase besar: analitis, kreatif dan eksekutif. Menurut Gerhardt Pahl dan Wolfgang Beits dengan judul "Engineering Design" (dalam Tito Shantika dan Encu Saefudin) perancangan disusun beberapa tahap, seperti berikut ini:

1. Penjabaran Tugas (*Clarification of Task*)

Tahap ini merupakan tahap pengumpulan informasi untuk mendapatkan persyaratan-persyaratan dan spesifikasi yang akan diwujudkan sehingga dapat memperjelas tujuan perancangan yang dilakukan. Setelah semua persyaratan diperoleh, kemudian dikumpulkan dalam suatu daftar persyaratan yang dikelompokkan atas kebutuhan (*demand*) dan harapan (*wishes*). Dalam mempersiapkan suatu daftar persyaratan, hal yang cukup penting untuk diperhatikan adalah pendefinisian persyaratan tersebut yang merupakan suatu kebutuhan (*demand*) atau merupakan suatu harapan (*wishes*). *Demand* merupakan persyaratan yang harus dipenuhi dalam apapun. Produk hasil perancangan tidak diterima jika tidak memenuhi demand yang telah ditentukan. *Wishes* adalah

persyaratan yang sedapat mungkin dipenuhi jika keadaan memungkinkan.

2. Perancangan dengan Konsep (*Conceptual Design*)

Perancangan dengan konsep merupakan suatu bagian dari proses perancangan dengan melakukan identifikasi masalah utama, melalui langkah-langkah perincian masalah, pembentukan struktur-struktur fungsi dan pemeriksaan untuk prinsip solusi yang tepat serta kemungkinannya, sehingga kemudian diperoleh suatu rancangan melalui perluasan konsep solusi.

3. Perancangan Wujud (*Embodiment Design*)

Tahap ini perancangan dimulai dari perancangan konsep, menentukan *layout* dan bentuk rancangan. Setelah itu, dikembangkan menjadi sebuah produk teknik berdasarkan pertimbangan teknik dan ekonomi. Dengan memperoleh lebih banyak informasi tentang keunggulan dari varian-varian yang berbeda, maka membuat *layout* merupakan hal penting. Dengan kombinasi yang tepat dan eliminasi dari solusi yang lemah, *layout* terbaik akan diperoleh. Hasil dari tahap ini memberikan *layout* definitif yang menyediakan pemeriksaan fungsi, kekuatan dan kelayakan tempat.

4. Perancangan Secara Terperinci (*Detail Design*)

Tahap ini bentuk perancangan, dimensi, karakteristik bagian-bagian komponen, spesifikasi material, pengecekan ulang berdasarkan kelayakan teknik dan ekonomi, seluruh gambar serta dokumen-dokumen produksi telah dihasilkan. Dalam perancangan perlu diperhatikan juga adanya keterkaitan umum yang terdapat pada sistem benda teknik yaitu:

- Kaitan fungsi (*Functional Interrelationship*), yaitu keterkaitan antara masukan dan keluaran dari suatu sistem untuk melakukan kerja tertentu yang berhubungan dengan lingkungan sekitar.
- Kaitan kerja (*Physical Interrelationship*), yaitu hubungan dimana kerja merupakan bagian dari proses fisika yang dipilih

berdasarkan adanya efek fisika geometri seperti dimensi, struktur dan ciri-ciri material.

- Kaitan bentuk (*Form Interrelationship*), realisasi bentuk dari bahan menjadi struktur yang dilengkapi penataan lokasi dan pemilihan gerak.
- Proses dari suatu sistem yang menyeluruh dari perancangan akhir.

2.4.3 Fase dalam Proses Perancangan

Rangkaian yang berurutan, karena mencakup seluruh kegiatan yang terdapat dalam proses perancangan disebut perancangan. Kegiatan dalam proses perancangan disebut fase. Setiap fase dalam proses perancangan akan beda oleh satu sama lain, dalam setiap fase akan terdiri dari beberapa langkah-langkah dalam fase (Harsokoemo, 2000).

Menurut model proses desain SEED atau *Pugh* terdapat 4 fase yaitu:

a. Spesifikasi

Penyusunan spesifikasi yang lengkap dan detail mengenai suatu masalah, harus dilakukan dengan banyak penyelidikan awal tentang suatu kebutuhan. Spesifikasi desain produk meliputi berbagai kategori kebutuhan antara lain:

- 1) Ketentuan performa yang terdiri dari fungsi-fungsi penampilan, kehandalan, biaya produksi, kondisi lingkungan, kualitas, berat, ergonomis dan kebisingan.
- 2) Ketentuan operasi yang meliputi instalasi, penggunaan, pemeliharaan dan keamanan.
- 3) Ketentuan pabrikasi yang berupa material, proses-proses perakitan, kemasan, kuantitas dan tanggal penyerahan.
- 4) Standar penerimaan yang berisi tentang inspeksi, pengujian, standar-standar dan hak paten.
- 5) Penguraian produk yang berupa standar, peraturan, kebijakan perusahaan dan peringatan bahaya.

b. Perumusan konsep desain

Perumusan konsep desain bertujuan untuk merumuskan alternatif-alternatif konsep yang ada, kemudian melakukan proses diskusi dan evaluasi pada hasil perancangan konsep yang terbaik yang pada prinsipnya dianggap memenuhi spesifikasi, yang akan berlanjut pada fase berikutnya. Konsep desain yang dihasilkan berupa skema atau sketsa.

c. Pemodelan dan desain detail

Fase ini memiliki inti tujuan yaitu untuk mengembangkan desain produk dari solusi alternatif yang telah dipilih dalam bentuk skema atau sketsa ke dalam bentuk pemodelan matematika.

d. Pabrikasi

Proses desain detail yang telah selesai maka proses selanjutnya adalah pembuatan atau pabrikasi alat berupa purwarupa dengan pengujian-pengujian kualitas produk sebelum masuk kedalam produksi massal.

2.5 Elemen Mesin

Elemen mesin merupakan komponen pendukung dari suatu sistem mesin yang memiliki fungsi dan tugas tertentu dan saling bersinergi dengan komponen pendukung yang lain (Irawan, 2009). Elemen mesin yang terdapat pada mesin pemipil jagung adalah sebagai berikut:

a. Motor Bakar

Motor bakar adalah suatu perangkat/mesin yang mengubah energi termal/panas menjadi energi mekanik. Energi ini dapat diperoleh dari proses pembakaran yang terbagi menjadi 2 (dua) golongan, yaitu :

1. Pembakaran Motor Bakar Luar (*external combustion engine*)

Yaitu suatu mesin yang mempunyai sistem pembakaran yang terjadi diluar dari mesin itu sendiri. Misalnya mesin uap dimana energi thermal dari hasil pembakaran dipindahkan kedalam fluida kerja mesin. Pembakaran air pada ketel uap menghasilkan uap kemudian uap tersebut baru dimasukkan kedalam sistem kerja mesin untuk mendapatkan tenaga mekanik.

2. Motor Pembakaran Dalam (*internal combustion engine*)

Pada umumnya motor pembakaran dalam dikenal dengan motor bakar. Proses pembakaran bahan bakar terjadi didalam mesin itu sendiri sehingga gas hasil pembakaran berfungsi sekaligus sebagai fluida kerja mesin. Motor bakar itu sendiri dibagi menjadi beberapa macam berdasarkan sistem yang dipakai, yaitu motor bakar torak, motor bakar turbin gas. Untuk motor bakar torak dibagi atas 2 (dua) macam, yaitu motor bensin dan motor diesel. Menurut langkah kerjanya motor bakar dibagi menjadi mesin dengan proses dua langkah dan mesin dengan proses empat langkah.

Berdasarkan sistem penyalaan, motor bakar terbagi dua yaitu:

1. Motor bensin

Motor bakar adalah motor penggerak mula yang pada prinsipnya adalah sebuah alat yang mengubah energi kimia menjadi energi panas dan diubah ke energi mekanis. Motor bakar merupakan salah satu jenis mesin penggerak yang banyak dipakai dengan memanfaatkan energi kalor dari proses pembakaran menjadi energi mekanik. Motor bakar merupakan salah satu jenis mesin kalor yang proses pembakarannya terjadi dalam motor bakar itu sendiri sehingga gas pembakaran yang terjadi sekaligus sebagai fluida kerjanya. Mesin yang bekerja dengan cara seperti tersebut disebut mesin pembakaran dalam. Adapun mesin kalor yang cara memperoleh energi dengan proses pembakaran di luar disebut mesin pembakaran luar. Motor bensin termasuk ke dalam jenis motor bakar torak. Proses pembakaran bahan bakar dan udara di dalam silinder (*internal combustion engine*). Motor bakar bensin dilengkapi dengan busi dan karburator yang membedakannya dengan motor diesel. Busi berfungsi untuk membakar campuran udara-bensin yang telah dimampatkan dengan jalan memberi loncatan api listrik diantara kedua elektrodanya. Karena itu motor bensin dinamai dengan *spark ignitions*. Sedangkan karburator adalah tempat bercampurnya udara dan bensin. Campuran tersebut kemudian

masuk ke dalam silinder yang dinyalakan oleh loncatan bunga api listrik dari busi menjelang akhir langkah kompresi.

2. Motor diesel

Motor bakar diesel adalah jenis khusus dari mesin pembakaran dalam karakteristik utama pada mesin diesel yang membedakannya dari motor bakar yang lain, terletak pada metode pembakaran bahan bakarnya. Motor diesel dikategorikan dalam motor bakar torak dan mesin pembakaran dalam (*internal combustion engine*). Prinsip kerja motor diesel adalah merubah energi kimia menjadi energi mekanis. Energi kimia di dapatkan melalui proses reaksi kimia (pembakaran) dari bahan bakar (solar) dan oksidiser (udara) di dalam silinder (ruang bakar). Pembakaran pada mesin Diesel terjadi karena kenaikan temperatur campuran udara dan bahan bakar akibat kompresi torak hingga mencapai temperatur nyala.

b. Poros

Poros merupakan elemen terpenting dalam mesin. Poros digunakan untuk meneruskan tenaga, proses penggerak klep, poros penghubung dan sebagainya. Poros dapat dibedakan menjadi 2 yaitu:

- 1) Poros dukung, yaitu poros yang khusus diperuntukkan mendukung elemen mesin yang berputar.
- 2) Poros transmisi atau poros perpindahan, adalah poros yang terutama dipergunakan untuk memindahkan momen puntir, dalam hal ini mendukung elemen mesin hanya suatu cara bukan tujuan.

Pada perencanaan poros silinder perontok/pemipil jagung, rimus-rumus yang dipergunakan adalah:

a. Daya rencana

Daya adalah kecepatan melakukan kerja. Daya sama dengan jumlah energi yang dihabiskan persatuan waktu.

Persamaan daya dapat ditulis sebagai berikut :

$$Pd = fc \times P \dots\dots\dots(lit: Sularso-Kiyokatsu Suga, hal 7)$$

Dimana :

P_d : Daya rencana (W)

f_c : Koreksi daya

P : Daya motor (W)

b. Momen puntir yang terjadi (T)

Torsi adalah kemampuan puntir yang diberikan pada suatu benda, sehingga menyebabkan suatu benda tersebut berputar, torsi dilangkan (T), dengan persamaan sebagai berikut:

$$T = 9,74 \cdot 10^5 \frac{P_d}{n_1} \dots \dots \dots (\text{lit: Sularso-Kiyokatsu Suga, hal 7})$$

dimana :

P_d = Daya rencana (kW)

n_1 = Putaran pada poros (rpm)

c. Tegangan geser yang diijinkan

Tegangan geser yang diizinkan τ_a (kg/mm²)

$$\tau_a = \frac{b}{Sf_1 \cdot Sf_2} \dots \dots \dots (\text{lit: Sularso-Kiyokatsu Suga, hal 8})$$

dimana:

τ_a = Tegangan geser yang diinginkan (kg/mm)

σ_{tt} = Kekuatan tarik (kg/mm²)

Sf_1, Sf_2 = Faktor keamanan

d. Perencanaan diameter poros

Diameter poros dapat diperoleh dari rumus:

$$d_s = \frac{5,1}{a_{tt}} \cdot K_t \cdot C_b \cdot T^{1/3} \dots \dots \dots (\text{lit: Sularso-Kiyokatsu Suga, hal 8})$$

dimana:

d_s = Diameter poros

τ_a = Tegangan geser izin (kg/mm²)

K_t = Factor koreksi tumbukan ,harganya berkisar antara 1,5-3,0 karena beban dikenakan dengan kejutan.

Cb = Factor koreksi untuk kemungkinan terjadinya beban lentur, dalam perencanaan ini diambil 1,0 karena diperkirakan tidak akan terjadi beban lentur.

T = Momen puntir yang ditransmisikan (kg.mm).

e. Tegangan geser

Perhitungan tegangan yang terjadi pada poros dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$\tau = \frac{T}{J} = \frac{5,11 T}{d^3} \dots\dots\dots (lit: Sularso-Kiyokatsu Suga, hal 7)$$

dimana :

τ = Tegangan geser (kg/mm²)

d = Diameter poros (mm)

T = Momen puntir (kg.mm)

c. Puli

Sebuah mesin sering menggunakan sepasang puli untuk mereduksi kecepatan dari motor, dengan berkurangnya kecepatan motor maka tenaga dari mesinpun ikut bertambah. Puli dapat digunakan untuk mentransmisikan daya dari poros satu ke poros yang lain melalui sistem transmisi penggerak berupa *flat belt*, *V-belt* atau *circular belt*. Cara kerja puli sering digunakan untuk mengubah arah gaya yang diberikan, mengirim gerak dan mengubah arah rotasi. (Sumber: Sularso.2000).

a. Putaran puli yang digerakkan

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{d_2}{d_1} \dots\dots\dots (lit: Sularso-Kiyokatsu Suga, hal 166)$$

$$n_2 = \frac{n_1 d_1}{d_2}$$

dimana:

n_1 = Putaran puli penggerak (3555 rpm)

d_2 = Diameter puli yang digerakkan (mm)

d_1 = Diameter puli penggerak (mm)

b. Nilai reduksi (i):

$$\frac{\omega_1}{\omega_2} = i = \frac{D_p}{d_p} = \dots\dots\dots (lit: Sularso-Kiyokatsu Suga, hal 166)$$

dimana:

- D_p = Diameter puli penggerak (mm)
- d_p = Diameter puli yang digerakan (mm)
- ω₁ = Putaran puli penggerak (rpm)
- ω₂ = Putaran puli yang digerakan (rpm)

d. Sabuk

Jarak yang jauh antar dua buah poros sering tidak memungkinkan transmisi langsung dengan roda gigi. Dalam hal demikian, cara transmisi putaran atau daya yang lain dapat diterapkan dimana sebuah sabuk dikelilingkan terhadap *puly* atau *sprocket* pada poros.

Transmisi sabuk dibagi atas tiga kelompok yaitu :

a) Sabuk rata

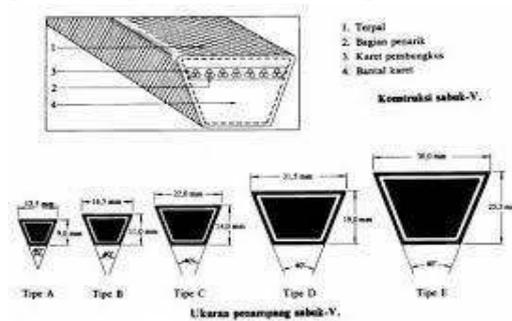
Sabuk rata yang terpasang pada puli silinder dan meneruskan momen antara dua poros yang jaraknya dapat sampai 10 m dengan perbandingan putaran antara 1/1 sampai 6/1.

b) Sabuk dengan penampang trapezium

Sabuk yang dipasang pada puli dengan alur dan meneruskan momen antara dua poros yang jaraknya dapat sampai 5 m dengan perbandingan putaran antara 1/1 sampai 7/1.

c) Sabuk dengan gigi

Sabuk yang digerakkan dengan menggunakan sprocket pada jarak yang dapat sampai 2 m dan meneruskan putaran secara tepat dengan perbandingan antara 1/1 sampai 6/1.



Keterangan:

1. Terpal
2. Bagian penarik
3. Karet pembungkus
4. Bantal karet

Gambar 2.8 Konstruksi Sabuk-V

Adapun persamaan yang digunakan dalam perhitungan Sabuk-V, sebagai berikut:

a. Kecepatan linear sabuk

$$V = \frac{\pi \cdot d_p \cdot n_1}{60 \cdot 1000} \dots\dots\dots(\text{lit: Sularso-Kiyokatsu Suga, hal 166})$$

dimana:

V = Kecepatan linier sabuk (m/s)

d_p = Diameter puli penggerak (mm)

n₁ = Putaran puli penggerak (rpm)

b. Panjang keliling sabuk

$$L = 2C + \frac{\pi}{2} (d_p + D_p) + \frac{1}{4R} (D_p - d_p)^2 \dots(\text{lit: Sularso-Kiyokatsu Suga, hal 170})$$

dimana :

C = Jarak sumbu poros (mm)

D_p = Diameter puli yang digerakkan (mm)

d_p = Diameter puli penggerak (mm)

d. Bantalan (*Bearing*)

Bantalan adalah elemen mesin yang menumpu poros berbeban, sehingga putaran dan gerakan bolak-baliknya dapat berlansung secara halus, aman, dan tahan lama. Bantalan (*Bearing*) yang digunakan untuk mendukung 2 (dua) elemen mesin yang saling bergerak satu sama lain.

Pada bantalan terjadi gesekan gelinding antara bagian yang berputar dengan yang diam melalui elemen gelinding seperti bola (peluru), rol jarum dan rol bulat. Bantalan gelinding pada umumnya cocok untuk beban kecil daripada bantalan luncur, tergantung pada bentuk elemen gelindingnya. Putaran pada bantalan ini dibatasi oleh gaya sentrifugal yang timbul pada elemen gelinding tersebut.



Gambar 2.9 Bantalan

1. Klarifikasi bantalan

Bantalan dapat diklarifikasikan sebagai berikut:

A. Atas dasar gerakan bantalan terhadap poros

- 1). Bantalan luncur : Pada bantalan ini terjadi gesekan lurus antara poros dan bantalan karena permukaan poros ditumpu oleh permukaan bantalan dan perantara lapisan pelumas.
- 2). Bantalan gelinding : Pada bantalan ini terjadi gesekan gelinding antara bagian yang berputar dengan yang diam melalui elemen gelinding seperti bola (peluru), rol atau rol jarum dan rol bulat.

B. Atas dasar arah beban terhadap poros

- 1). Bantalan radial : Arah beban yang ditumpu ini adalah tegak lurus sumbu poros.
- 2). Bantalan axial : Arah beban bantalan ini sejajar dengan sumbu poros.
- 3) Bantalan gelinding khusus : Bantalan ini dapat menumpu beban yang arahnya sejajar dan tegak lurus sumbu poros.

Adapun perbandingan antara bantalan luncur dengan bantalan gelinding adalah bantalan luncur mampu menumpu poros berputar tinggi dengan beban besar. Dan ada bantalan konstruksi dan pembuatan yang sederhana serta cara pemasangan lebih mudah.

Sedangkan pada bantalan gelinding umumnya lebih cocok untuk beban yang kecil dibandingkan dengan bantalan luncur yang tergantung pada bentuk elemen gelindingnya. Serta konstruksi yang sukar dan tingkat ketelitian yang tinggi, maka bantalan gelinding hanya dapat diproduksi oleh pabrik-pabrik tertentu saja.

2.6 Komponen Mesin Pemipil Jagung

Adapun komponen–komponen dalam redesign mesin pemipil adalah sebagai berikut:

1. Motor Bensin

Mesin bensin tipe olaus otto adalah sebuah tipe mesin pembakaran dalam yang menggunakan nyala busi untuk proses pembakaran, dirancang untuk membakar bahan bakar bensin atau yang sejenis.



Gambar 2.10 Motor Bensin

2. Bantalan

Menurut Sularso and Suga (2013) dalam buku elemen mesin, bantalan adalah elemen mesin yang menumpu poros berbeban, sehingga putaran atau gerakan bolak-baliknya dapat berlangsung secara halus, aman dan panjang umurnya.



Gambar 2.11 Bantalan

3. Poros

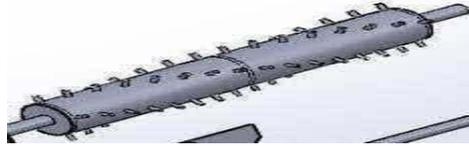
Poros dalam sebuah mesin berfungsi untuk meneruskan tenaga bersama dengan putaran. Setiap elemen mesin yang berputar, seperti cakara tali, puli sabuk mesin, piringan kabel, tromol kabel, roda jalan dan roda gigi dipasang berputar terhadap poros dukung yang berputar.



Gambar 2.12 Poros Penggerak

4. Mata Pisau

Menurut Sutowo et al. (2011) untuk mencacah rumput pakan ternak dibutuhkan pisau potong, dimana pisau potong yang digunakan haruslah mempunyai kekuatan serta ketajaman yang sesuai agar dapat mencacah rumput menjadi potongan-potongan kecil.



Gambar 2.13 Mata Pisau Pemipil Jagung

5. Puli dan Sabuk V

Puli dan *v-belt* adalah pasangan elemen mesin yang digunakan untuk mentransmisikan daya dari satu poros ke poros lain.



Gambar 2.14 Puli dan Sabuk V

6. Besi Plat

Besi plat berfungsi sebagai bahan utama pembuatan penutup.



Gambar 2.15 Besi plat

7. Besi Siku dan Mata Gerinda

Besi siku berfungsi sebagai bahan utama pembuatan dudukan motor penggerak dan bangun alat. Sedangkan Mata potong gerinda berfungsi sebagai bahan pemotong bahan yang diperlukan.



(a) Besi siku



(b) Mata potong gerinda

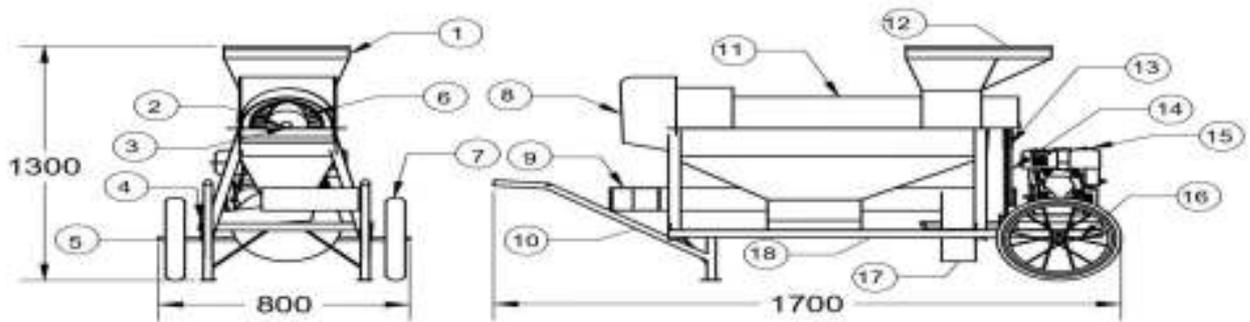
Gambar 2.16

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimental yaitu, dengan cara mendesain mesin pemipil jagung menggunakan poros dengan penggerak motor bensin di Laboratorium Proses Produksi Prodi Mesin Fakultas Teknik Universitas HKBP Nommensen.

3.2 Desain Mesin



Gambar 3.1 Desain Mesin

Keterangan gambar :

- | | |
|--------------------------|---------------------------|
| 1. Corong Masuk | 11. Penutup Atas Pisau |
| 2. Poros Penggerak | 12. Penutup Corong Masuk |
| 3. Bantalan | 13. Puli |
| 4. Corong Keluar Biji | 14. Sabuk (<i>Belt</i>) |
| 5. As Roda | 15. Mesin (Motor) |
| 6. Pisau Pemipil | 16. Lingkar Roda Mesin |
| 7. Ban Roda | 17. Kipas |
| 8. Corong Keluar Tongkol | 18. Rangka Mesin |
| 9. Corong Ampas | |
| 10. Ganggang Mesin | |

3.3 Bahan, Alat, dan Mesin

3.3.1 Bahan

Bahan yang dipersiapkan untuk dikerjakan

1. Plat Siku yang Terbuat dari Material Baja Karbon
2. Plat Baja ukuran 3 mm
3. Baut M12, M14.
4. Ring Penahan.
5. Sabuk Transmisi Tipe V
6. Puli.
7. Bantalan.
8. Jagung untuk uji kinerja mesin.

3.3.2 Alat

Alat yang digunakan dalam perancangan ini adalah sebagai berikut:

1. Alat Ukur (Meteran)

Fungsi meteran roll adalah untuk mengukur panjang atau jarak, mengukur sudut, membuat sudut siku bahkan membuat lingkaran. Alat ukur ini memiliki tingkat ketelitian mencapai 0.5 mm.



Gambar 3.2. Meteran

2. Palu atau Martil

Palu atau Martil adalah alat yang digunakan untuk memberikan tumbukan kepada benda. Palu umum digunakan untuk memaku, memperbaiki suatu benda, penempaan logam dan menghancurkan suatu objek. Palu dirancang untuk tujuan tertentu dengan variasi dalam bentuk dan struktur.



Gambar 3.3. Palu

3. Timbangan

Berfungsi untuk mengukur berat benda yang belum dipipil dan sudah dipipil.



Gambar 3.4. Timbangan

4. Kunci Pas dan Ring

Berfungsi untuk mengunci baut di bagian rangka dan rancangan terhadap komponen seperti motor bensin, bantalan, dan lain-lain.



Gambar 3.5. Kunci Ring Dan Pas

5. Stop Watch

Berfungsi untuk mengukur waktu produksi kerja mesin saat bekerja per jam.



Gambar 3.6. Stop watch

6. Karung Plastik

Berfungsi untuk menampung hasil pipilan jagung.



Gambar 3.7. Karung Plastik

7. Alat-alat ukur mikrometer.

Mistar baja



Gambar 3.8. Mistar baja

Jangka sorong,



Gambar 3.9. Jangka sorong

3.3.3 Mesin/Motor

Pada perancangan ini mesin yang digunakan antara lain:

1. Motor Penggerak

Motor bensin adalah sebuah tipe mesin pembakaran dalam yang menggunakan nyala busi proses pembakaran, dirancang untuk menggunakan bahan bakar bensin atau yang sejenis.



Gambar 3.10. Motor bensin

2. Mesin Las Listrik

Mesin Las listrik berguna sebagai penyambung logam dengan menggunakan atau memanfaatkan panas aliran listrik.



Gambar 3.11. Las Listrik.

3. Mesin Gerinda

Mesin gerinda berguna untuk menghaluskan atau meratakan benda kerja.



Gambar 3.12. Mesin Gerinda

4. Mesin *Milling*

Mesin bor adalah suatu jenis mesin gerakanya memutarakan alat pemotong yang arah pemakanan mata bor hanya pada sumbu mesin tersebut (pengerjaan pelubangan). Sedangkan Pengeboran adalah operasi menghasilkan lubang berbentuk bulat dalam lembaran-kerja dengan menggunakan pemotong berputar yang disebut bor dan memiliki fungsi untuk Membuat lubang, Membuat lobang bertingkat, Membesarkan lobang, *Chamfer*.



Gambar 3.13. Mesin *Milling*

3.4 Tempat Dan Waktu

Tempat pelaksanaan pembuatan mesin pemipil jagung ini dilakukan Laboratorium Proses Produksi Prodi Mesin Fakultas Teknik Universitas HKBP Nommensen Medan. Waktu analisis dan penyusunan tugas akhir ini diperkirakan selama 2 bulan sampai dinyatakan selesai oleh pembimbing.

Tabel 3.1 Jadwal Proses Redesign Mesin Pemipil Jagung.

No	Uraian	2023									
		Ma ret	Ap ril	Ap Ril	Mei	Mei	Juni	Juli	Agus tus	Septem ber	Okto ber
1	Pengajuan Judul										
2	Bimbingan BAB I-III										
3	Sidang Proposal										
4	Revisi Hasil Proposal										
5	Perancangan Mesin Pemipilan Jagung Dengan Pengerak Motor Bensin										
6	Pengujian Alat Mesin Pemipil Jagung										
7	Bimbingan Seminar Isi										
8	Seminar Isi										
9	Revisi Seminar Isi										
10	Sidang										

3.5 Tahap Perancangan

1. Rangka

Rangka berfungsi untuk menumpu dan meletakkan komponen-komponen pada sebuah mesin.

2. Motor Bensin

Motor bensin merupakan sumber tenaga penggerak awal dari rancang bangun mesin pemipil jagung. Pada dasarnya pemakaian motor ini digunakan untuk memutar poros dengan perantara puli dan sabuk, dan didukung oleh bantalan untuk memutar poros.

3. Puli yang digerakkan

Berfungsi untuk memindahkan daya dan putaran yang dihasilkan motor yang diteruskan lagi ke puli selanjutnya setelah itu baru akan memutar poros dan pisau pemipil.

4. Bantalan

Bantalan berfungsi menumpu poros berbeban, sehingga putaran atau gerakan bolak-balik dapat berlangsung secara halus, aman, dan awet.

5. Sabuk

Sabuk berfungsi mentransmisikan putaran dari puli penggerak ke puli yang digerakkan.

6. Poros

Poros berfungsi untuk memutar pisau.

7. Corong masuk

Berfungsi sebagai tempat masuknya jagung.

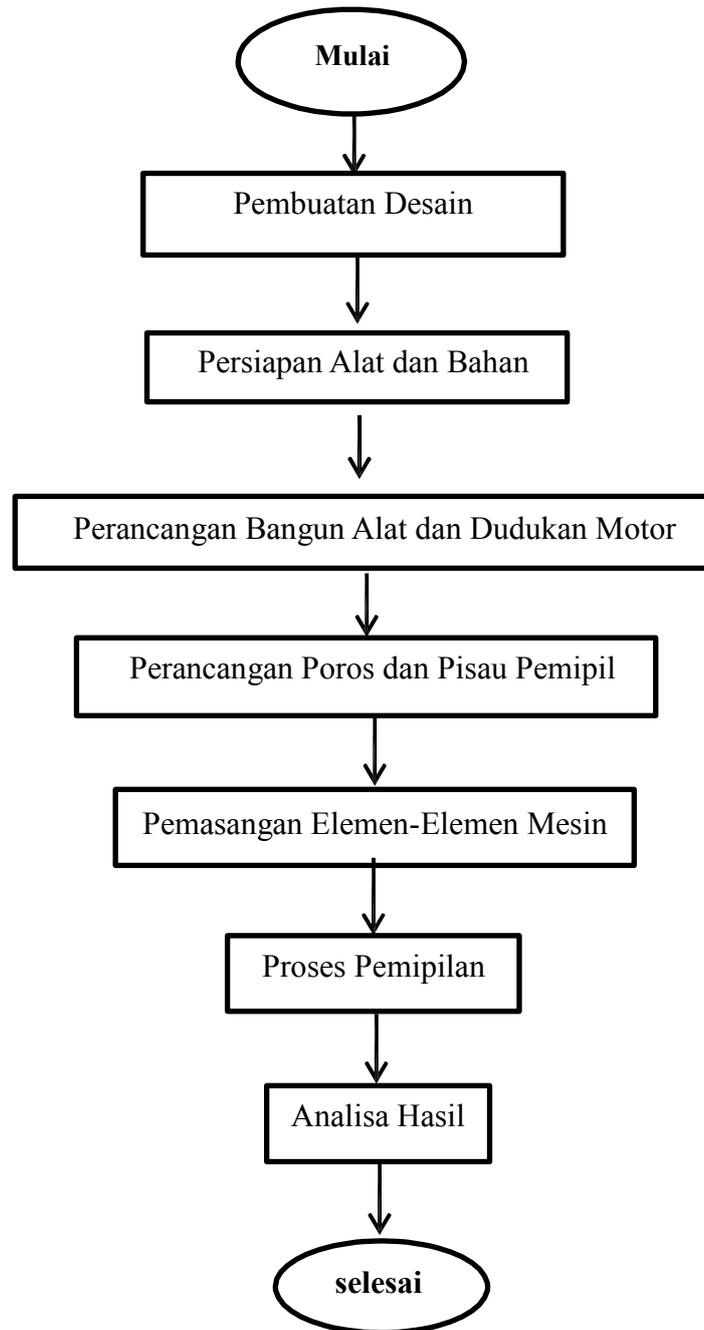
8. Corong Keluar 1,2 & 3

Berfungsi sebagai tempat keluarnya hasil pipilan jagung.

9. Pisau

Berfungsi untuk memipil jagung.

3.6 Diagram Alir



Gambar 3.14. Diagram alir