
**RANCANG BANGUN ALAT PEMIPIL JAGUNG OTOMATIS
MENGUNAKAN MOTOR LISTRIK BERKAPASITAS 80 KG/JAM**

Danang Yuniarto¹, Ahmad Muzaki², Dika Andri Saputra³, Indra Haerun Nizar⁴, M Sagaf⁵

Universitas Islam Sultan Agung Semarang^{1,2,3,4,5}

danangyuniarto@std.unissula.ac.id

ABSTRAK

Jagung merupakan salah satu komoditas pertanian utama di Indonesia yang banyak dimanfaatkan sebagai bahan pangan maupun pakan ternak. Salah satu tahapan penting dalam penanganan pascapanen jagung adalah proses pemipilan. Pada umumnya, proses pemipilan jagung masih dilakukan secara manual, sehingga membutuhkan waktu yang lama, tenaga kerja yang besar, serta berpotensi menimbulkan kelelahan dan risiko cedera kerja. Oleh karena itu, diperlukan suatu alat bantu yang mampu meningkatkan efisiensi dan efektivitas proses pemipilan jagung. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun alat pemipil jagung otomatis menggunakan motor listrik dengan kapasitas kerja ± 80 Kg/jam. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah Quality Function Deployment (QFD), yang berfungsi untuk mengidentifikasi kebutuhan dan keinginan pengguna, khususnya petani dan pelaku industri kecil menengah (IKM), serta menerjemahkannya ke dalam spesifikasi teknis alat. Pengumpulan data dilakukan melalui studi literatur, observasi lapangan, dan analisis terhadap alat pemipil jagung yang telah ada. Selanjutnya, data kebutuhan pengguna diolah menggunakan matriks *House of Quality* (HoQ) sebagai dasar perancangan alat. Hasil dari penelitian ini berupa alat pemipil jagung otomatis berbasis motor listrik yang dirancang dengan mempertimbangkan aspek ergonomi, keselamatan kerja, kemudahan pengoperasian, serta perawatan alat. Alat yang dirancang diharapkan mampu mempercepat proses pemipilan, mengurangi ketergantungan terhadap tenaga kerja manual, serta menghasilkan biji jagung pipilan dengan kualitas yang lebih baik. Dengan demikian, alat pemipil jagung otomatis ini diharapkan dapat menjadi solusi tepat guna dalam meningkatkan produktivitas dan efisiensi proses pascapanen jagung bagi petani dan pelaku IKM.

Kata Kunci: Jagung, Alat Pemipil Jagung, Motor Listrik, Quality Function Deployment (QFD), Ergonomi.

ABSTRACT

Corn is one of the main agricultural commodities in Indonesia, widely used as food and animal feed. One of the important stages in post-harvest handling of corn is the shelling process. In general, the corn shelling process is still done manually, so it requires a long time, a large workforce, and has the potential to cause fatigue and the risk of work injuries. Therefore, a tool is needed that can increase the efficiency and effectiveness of the corn

shelling process. This study aims to design and build an automatic corn sheller using an electric motor with a working capacity of ± 80 kg/hour. The method used in this study is Quality Function Deployment (QFD), which serves to identify the needs and desires of users, especially farmers and small and medium industry (SME) players, and translate them into technical equipment specifications. Data collection was conducted through literature studies, field observations, and analysis of existing corn shellers. User requirements data was then processed using the House of Quality (HoQ) matrix as the basis for tool design. The result of this research is an electric motor-based automatic corn sheller designed with ergonomics, safety, ease of operation, and maintenance in mind. The designed tool is expected to accelerate the shelling process, reduce reliance on manual labor, and produce better-quality corn kernels. Therefore, this automatic corn sheller is expected to be an effective solution for increasing productivity and efficiency in post-harvest corn processing for farmers and small and medium enterprises (SMEs).

Keywords: *Corn, Corn Sheller, Electric Motor, Quality Function Deployment (QFD), Ergonomics.*

A. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara agraris, masyarakatnya sebagian menjadi petani. Wilayah yang luas sangat berpotensi untuk ditanami berbagai macam tanaman, terutama tanaman pokok seperti padi dan jagung. Jagung merupakan komoditi yang cukup penting bagi kehidupan manusia. Jagung selain digunakan sebagai komoditi makanan untuk manusia juga banyak digunakan untuk pakan ternak. yang sebelumnya harus diproses terlebih dahulu melewati tahap pengeringan, pemipilan dan penepungan. Baru dapat digunakan sebagai pakan pada ternak. Pemipilan jagung di daerah pedesaan prosesnya dilakukan secara manual pada umumnya yaitu dengan menggunakan tangan atau menggunakan paku. Hal tersebut sangat tidak efektif karena butuh waktu berhari hari untuk memipil jagung. Pemipilan jagung secara manual menghasilkan jagung pipilan dalam jumlah yang sedikit yaitu 0,1 kg per menit. Tujuan pemipilan lainnya adalah untuk menghindarkan kerusakan, kehilangan, dan memudahkan pengangkutan serta pengolahan selanjutnya(Sumiati et al, 2024).

Proses pemipilan jagung secara manual memerlukan waktu yang cukup lama. Meskipun telah tersedia alat pemipil jagung, alat tersebut masih memiliki beberapa kekurangan dalam pengoperasiannya, seperti menyebabkan kelelahan yang cepat, rasa sakit pada tangan saat proses pemipilan, serta waktu pemipilan yang relatif lama, kelelahan adalah suatu mekanisme perlindungan tubuh agar tubuh terhindar dari kerusakan lebih lanjut, sehingga memungkinkan terjadinya pemulihan setelah beristirahat. Untuk menghindari

tingkat kelelahan, maka perlu dihindari sikap kerja yang bersifat statis dan diupayakan penerapan sikap kerja yang lebih dinamis. Hal ini dapat dilakukan dengan mengubah sikap kerja statis menjadi lebih bervariasi atau dinamis, sehingga sirkulasi darah dan oksigen dapat berjalan normal ke seluruh anggota tubuh.

Oleh karena itu, dibutuhkan perancangan alat bantu pemipilan jagung yang tidak hanya ditujukan untuk meningkatkan efisiensi waktu dan efektivitas kerja, tetapi juga memiliki peran penting dalam mengurangi kelelahan fisik yang dialami oleh petani. Aktivitas pemipilan secara manual, yang dilakukan secara berulang-ulang dalam jangka waktu yang lama, berpotensi menyebabkan kelelahan otot, terutama pada bagian tangan, lengan, dan punggung. Kondisi ini dapat menurunkan produktivitas petani serta meningkatkan risiko cedera kerja akibat beban fisik yang berlebihan. Oleh karena itu, diperlukan perancangan alat pemipil jagung yang tidak hanya mempercepat proses kerja, tetapi juga mempertimbangkan aspek ergonomis bagi penggunaannya. Dengan demikian, penggunaan alat ini diharapkan dapat memberikan kenyamanan dalam bekerja, meminimalkan risiko kelelahan dan cedera, serta meningkatkan efektivitas proses pemipilan pada tahap pascapanen jagung. Berikut ini merupakan contoh alat pemipil jagung manual yang telah tersedia.



Gambar 1 alat pemipil jagung sederhana dengan karet ban

Alat yang ditunjukkan pada gambar merupakan alat perontok jagung manual yang telah dibuat oleh masyarakat di Desa Karangnom sebagai inovasi lokal dalam mendukung kegiatan pascapanen. Alat ini dirancang secara sederhana menggunakan bahan-bahan yang mudah diperoleh di lingkungan sekitar, yaitu papan kayu sebagai alas utama dan deretan ban bekas atau paku yang dipasang sejajar pada permukaannya. Kelemahan yang cukup mencolok dari alat tersebut dapat dijelaskan sebagai berikut. Pertama, proses pemipilan sangat mengandalkan tenaga manusia, sehingga cepat menimbulkan kelelahan dan kurang sesuai untuk pemipilan dalam jumlah besar. Kedua, alat ini memiliki risiko cedera yang cukup tinggi karena pengguna

harus memegang tongkol jagung sangat dekat dengan permukaan paku yang tajam. Selain itu, terdapat kemungkinan jari atau tangan tergesek oleh karet ban, terutama ketika pengguna berada dalam kondisi lelah atau terburu-buru. Ketiga, hasil pemipilan sering kali tidak merata, di mana beberapa biji masih menempel pada tongkol atau bahkan mengalami kerusakan akibat tekanan yang tidak stabil selama proses gesekan. Keempat, proses pemipilan memerlukan waktu yang cukup lama. Berdasarkan praktik di lapangan, petani biasanya membutuhkan waktu sekitar dua minggu untuk menyelesaikan pemipilan jagung secara manual dengan total berat kurang lebih 350 kg. Selain itu, dari segi ergonomis, alat ini tidak dirancang untuk kenyamanan penggunaan dalam jangka panjang. Pengguna harus bekerja dalam posisi jongkok atau bersila, yang dalam jangka waktu tertentu dapat menyebabkan pegal pada punggung dan kaki. Di samping itu, petani juga harus melakukan pekerjaan tambahan untuk mengumpulkan biji jagung yang tersebar agar dapat dimasukkan ke dalam karung. Secara keseluruhan, meskipun alat ini masih dapat digunakan secara efektif dalam kondisi tertentu, dari segi efisiensi dan keselamatan kerja, alat ini kurang sesuai untuk pemipilan jagung dalam jumlah besar maupun untuk penggunaan dalam jangka waktu lama.



Gambar 2 alat pemipil jagung sederhana dengan tuas

Alat yang ditampilkan pada gambar merupakan alat perontok jagung manual berbasis engkol yang telah banyak dipasarkan melalui platform *e-commerce* seperti *Shopee* dan *TikTok*. Alat ini terbuat dari bahan logam dengan bentuk silinder yang dilengkapi pisau atau tonjolan di bagian dalam untuk memisahkan biji jagung dari tongkolnya. Cara kerja alat ini cukup sederhana, yakni dengan memasukkan tongkol jagung ke dalam silinder dan memutar engkol secara manual sehingga biji jagung akan terlepas dan keluar dari celah alat. kelemahan utama dari alat tersebut adalah kapasitas produksinya yang sangat terbatas, karena hanya mampu

memipil satu tongkol jagung dalam satu waktu. Selain itu, alat ini sepenuhnya bergantung pada tenaga manusia dalam pengoperasiannya, sehingga dapat menyebabkan kelelahan apabila digunakan dalam jangka waktu yang lama, terutama bagi pengguna dengan kekuatan tangan yang terbatas, seperti lansia. Risiko cedera juga cukup tinggi karena tidak adanya sistem pengaman, di mana bagian dalam alat terdiri atas logam bergerigi yang dapat melukai jari jika tidak digunakan dengan hati-hati. Meskipun alat ini cukup efektif untuk kebutuhan rumah tangga atau skala kecil, tetap terdapat beberapa kelemahan yang signifikan. Dari segi hasil, proses pemipilan tidak selalu menghasilkan hasil yang seragam; beberapa biji dapat tertinggal di tongkol atau bahkan rusak akibat tekanan yang tidak merata. Terakhir, alat ini juga kurang fleksibel karena hanya sesuai untuk ukuran tongkol jagung tertentu. Dengan demikian, meskipun alat ini sederhana dan ekonomis, terdapat banyak keterbatasan yang membuatnya kurang cocok untuk kebutuhan pemipilan dalam skala besar atau penggunaan secara intensif.



Gambar 3 alat pemipil jagung sederhana yang ada di desa karanganom

Alat yang ditampilkan pada gambar merupakan mesin perontok jagung semi otomatis yang telah berhasil dikembangkan oleh masyarakat Desa Karangnom sebagai bentuk inovasi dalam peningkatan efisiensi pascapanen. Mesin ini terdiri dari komponen utama berupa motor listrik sebagai sumber tenaga penggerak, rangka besi sebagai penopang struktur, dan silinder perontok yang dirancang khusus untuk memisahkan biji jagung dari tongkolnya secara cepat dan efisien. Proses kerja mesin ini dimulai dengan menghidupkan motor listrik, kemudian jagung kering dimasukkan ke dalam bagian silinder perontok yang berputar. Kelemahan yang perlu diperhatikan dari alat tersebut adalah sebagai berikut. Pertama, dari segi keselamatan kerja, alat ini tidak dilengkapi dengan pelindung atau penutup pengaman pada bagian silinder pemipil maupun motor penggerak. Hal ini menimbulkan risiko kecelakaan kerja yang tinggi, seperti jari tersangkut atau terkena bagian mesin yang sedang berputar. Kedua, mesin

ini tampak tidak dilengkapi dengan sistem pembuangan sisa hasil pemipilan yang baik, sehingga serpihan tongkol dan debu jagung dapat tersebar secara tidak teratur dan mengganggu kebersihan lingkungan kerja. Ketiga, desain konstruksi alat terlihat kurang rapi dan tidak ergonomis, dengan rangka yang tampaknya terbuat dari bahan yang tidak standar. Kondisi ini dapat memengaruhi ketahanan dan kestabilan mesin saat dioperasikan. Meskipun alat ini memiliki tingkat efisiensi yang lebih baik dibandingkan alat manual atau tradisional, beberapa kelemahan tetap perlu menjadi perhatian. Keempat, alat ini cenderung menghasilkan getaran dan suara yang cukup besar selama proses pengoperasian, sehingga menimbulkan ketidaknyamanan jika digunakan dalam waktu yang lama. Dengan demikian, meskipun alat ini mampu meningkatkan efisiensi dalam proses pemipilan jagung, aspek keselamatan, kebersihan, dan keandalannya masih perlu ditingkatkan agar dapat berfungsi secara optimal dan aman untuk penggunaan jangka panjang.



Gambar 4 Mesin Pemipil Jagung Otomatis Mini

Alat yang diperlihatkan pada gambar merupakan mesin perontok jagung otomatis yang telah banyak dipasarkan melalui platform *e-commerce* seperti *Shopee* dan *TikTok* sebagai salah satu produk unggulan dalam kategori alat pertanian modern. Mesin ini dilengkapi dengan motor penggerak listrik yang berfungsi untuk memutar silinder perontok di dalamnya, sehingga mampu memisahkan biji jagung dari tongkol secara otomatis dan efisien. Proses kerja alat dimulai dengan memasukkan tongkol jagung kering melalui corong input, kemudian silinder berputar akan menggiling permukaan tongkol dan memisahkan biji secara cepat. Kelemahan dari alat ini dapat dijelaskan sebagai berikut. Pertama, ukuran dan berat mesin yang relatif besar menyebabkan alat ini kurang portabel dan sulit dipindahkan, terutama dalam kondisi tertentu di area kerja. Kedua, alat ini sangat bergantung pada sumber listrik, sehingga penggunaannya

menjadi terbatas di wilayah yang belum terjangkau oleh aliran listrik yang stabil. Ketiga, meskipun telah dilengkapi dengan penutup pelindung, proses pemipilan tetap menimbulkan suara bising dan getaran yang cukup kuat, yang dapat mengganggu kenyamanan operator selama penggunaan. Selain itu, mesin ini memerlukan perawatan rutin pada komponen-komponen seperti motor, pisau pemipil, bantalan (*bearing*), v belt dan saluran pembuangan biji jagung agar kinerjanya tetap optimal. Hal ini dapat menjadi kendala apabila pengguna tidak memahami prosedur perawatan yang tepat. Keempat, dalam beberapa kasus, alat ini dapat menyebabkan kerusakan pada biji jagung apabila jenis atau desain pisau tidak sesuai, serta apabila pengaturan kecepatan atau celah pemipil tidak disesuaikan dengan ukuran tongkol jagung yang diproses. Kelima, biaya pengadaan dan perawatan alat ini relatif lebih tinggi dibandingkan dengan alat sederhana lainnya, sehingga dapat menjadi kendala bagi petani kecil yang memiliki keterbatasan modal. Dengan demikian, meskipun mesin ini cukup efisien dari segi kecepatan dan kapasitas, masih terdapat aspek teknis dan operasional yang perlu ditingkatkan agar mesin ini dapat berfungsi secara optimal dan lebih ramah pengguna.



Gambar 5 alat pemipil jagung dengan penggerak motor bakar

Alat yang ditampilkan pada gambar merupakan mesin perontok jagung otomatis yang telah berhasil dirancang dan dibuat oleh kakak tingkat sebagai bagian dari proyek tugas akhir atau penelitian pengembangan teknologi tepat guna. Mesin ini dirancang dengan struktur rangka besi yang kuat dan dilengkapi dengan roda, sehingga memudahkan mobilitasnya dalam berbagai kondisi lapangan. Mesin ini menggunakan motor bensin sebagai sumber tenaga utama yang menggerakkan silinder perontok di dalam ruang kerja mesin. Proses operasional alat dimulai dengan memasukkan tongkol jagung kering melalui corong pemasukan, kemudian silinder perontok akan bekerja secara otomatis untuk memisahkan biji dari tongkol. kelemahan

dari alat ini dapat diuraikan sebagai berikut. Pertama, ukuran dan bobotnya yang besar menyebabkan mesin ini kurang fleksibel untuk dipindahkan. Meskipun telah dilengkapi dengan roda, mobilitasnya tetap terbatas apabila digunakan di area dengan permukaan tanah yang tidak rata. Kedua, penggunaan motor bensin menimbulkan ketergantungan terhadap bahan bakar fosil yang tidak ramah lingkungan, serta menghasilkan emisi gas buang dan suara bising saat mesin dioperasikan. Selain itu, biaya operasional juga menjadi lebih tinggi karena mesin membutuhkan pasokan bahan bakar secara terus-menerus. Ketiga, mesin ini memerlukan keterampilan teknis dalam pengoperasian dan perawatannya, mulai dari pengaturan mesin, pembersihan komponen internal, hingga perbaikan apabila terjadi kerusakan. Hal ini menjadi kendala bagi petani atau pengguna yang tidak memiliki latar belakang teknis. Keempat, meskipun tampilan mesin tertutup, tidak semua komponen memiliki pelindung internal yang memadai, sehingga potensi bahaya tetap ada jika pengguna tidak berhati-hati saat memasukkan jagung atau ketika melakukan perawatan. Kelima, walaupun mesin ini mampu melakukan pemipilan dalam jumlah besar, tetap terdapat risiko kerusakan pada sebagian biji jagung apabila penyetelan mesin tidak disesuaikan dengan ukuran dan tingkat kekeringan jagung yang diproses. Oleh karena itu, meskipun alat ini efisien dan produktif, masih terdapat beberapa keterbatasan dalam aspek portabilitas, operasional, biaya, dan keselamatan yang perlu dipertimbangkan sebelum digunakan secara luas.

B. TINJAUAN PUSTAKA

Pada tinjauan pustaka ini akan dibahas mengenai hasil dari penelitian yang sudah ada atau penelitian yang pernah dilakukan sebelumnya. Jurnal oleh Basuki et al. (2020) membahas desain ulang alat perontok biji jagung menggunakan metode *Quality Function Deployment* (QFD) untuk mengidentifikasi kebutuhan konsumen. Penelitian ini melibatkan 30 responden melalui kuesioner untuk menentukan atribut produk yang penting, seperti kemudahan penggunaan, keamanan, kenyamanan, dan harga terjangkau. Alat yang dirancang memiliki dimensi tinggi 85 cm, panjang 50 cm, dan lebar 30 cm, dengan prinsip ergonomis untuk sesuai dengan postur tubuh manusia. Dibandingkan dengan desain sebelumnya yang lebih besar dan menggunakan mesin berbahan bakar minyak, alat ini menggunakan motor listrik, menjadikannya lebih ramah lingkungan. Jurnal ini menyimpulkan bahwa desain yang

dihasilkan dapat memenuhi kebutuhan konsumen dan siap untuk diimplementasikan sebagai produk nyata.

Penelitian oleh Sujana & Prawatya (2022) berjudul "Rancang Bangun Alat Pengepres Kaleng Bekas Menggunakan Metode *Kansei Engineering* dan Metode *Kano*" bertujuan untuk meningkatkan produktivitas dan efisiensi dalam pengelolaan sampah kaleng bekas di Kota Pontianak. Alat ini dirancang untuk menggantikan proses pemadatan manual yang memakan waktu dan menghasilkan produktivitas rendah. Dengan menggunakan motor listrik dan *gearbox*, alat ini dapat memproduksi 70 kaleng per menit, atau 4200 kaleng per jam, yang jauh lebih cepat dibandingkan dengan 12 kaleng per menit secara manual. Proses perancangan melibatkan pengumpulan data dari 15 pekerja pengumpul kaleng bekas dan menggunakan metode *Kansei Engineering* untuk mengidentifikasi 15 atribut kebutuhan pengguna, serta metode Kano untuk mengklasifikasikan atribut berdasarkan tingkat kepentingannya. Alat yang dirancang memiliki dimensi ergonomis dan mampu meningkatkan nilai ekonomis kaleng bekas. Kesimpulannya, alat ini secara signifikan meningkatkan produktivitas dan efisiensi dalam pengelolaan sampah kaleng bekas.

Jurnal oleh Isworo et al. (2018) berjudul "Rancang Bangun Mesin Pengereng Lada dengan Menggunakan Metode *Kansei Engineering* dan *Kano*" membahas pengembangan mesin pengereng lada di Desa Nanga Bayan, Kabupaten Sintang, Kalimantan Barat. Proses pengerengan tradisional yang memakan waktu 3-7 hari dan berisiko tinggi terhadap pertumbuhan jamur menjadi latar belakang penelitian ini. Metode *Kansei Engineering* digunakan untuk merancang mesin sesuai keinginan petani, sementara Model *Kano* mengkategorikan atribut mesin berdasarkan kepuasan pengguna. Hasil penelitian menunjukkan bahwa atribut "ukuran mesin yang tidak terlalu besar" sangat penting, sedangkan "pengoperasian mesin secara otomatis" kurang diperhatikan. Dengan melibatkan 10 responden, mesin yang dirancang dapat mengurangi waktu pengerengan menjadi 1-3 jam, menghasilkan pengerengan yang lebih merata dan mengurangi risiko jamur. Kesimpulannya, mesin pengereng lada ini memenuhi kebutuhan petani dengan efisiensi waktu dan kualitas pengerengan yang lebih baik.

Jurnal oleh Saputro (2023) berjudul "Rancang Bangun Alat Penyimpanan Tempe (*Boksterra*) Dengan Metode QFD Studi Kasus UMKM Pembuat Tempe di Kota Surabaya" membahas tantangan suhu ekstrem dan hama tikus dalam penyimpanan tempe oleh UMKM,

yang dapat menurunkan kualitas dan menghambat perkembangan usaha. Untuk mengatasi masalah ini, peneliti menggunakan metode *Quality Function Deployment* (QFD) dengan *House of Quality* (HOQ) untuk merancang produk penyimpanan yang inovatif. Hasil penelitian menunjukkan bahwa atribut penting bagi konsumen meliputi keunikan, cara pengoperasian, dan desain produk. Alat penyimpanan boksterra yang dirancang memiliki fungsi ganda, yaitu melindungi tempe dari hama dan mengatur suhu yang sesuai. Jurnal ini relevan dengan topik rancang bangun alat pemipil jagung otomatis karena keduanya menekankan pentingnya merancang produk berdasarkan kebutuhan dan keinginan konsumen.

Jurnal oleh Puji Warastri et al. (2024) berjudul "Perancangan Pendeteksi Berat Pada Konveyor Pengangkut Kacang Hijau Dengan Metode *Value Engineering* (VE)" membahas pengembangan sistem pendeteksi berat untuk konveyor pengangkut kacang hijau menggunakan metode *Value Engineering*. Sistem ini dirancang untuk meningkatkan efisiensi pengukuran dan mendeteksi kelebihan berat yang dapat merusak komponen selama pemindahan objek. Hasil desain menunjukkan bahwa penerapan sistem *Weight Feeder* dapat meningkatkan akurasi pengukuran hingga 99,5%. Penelitian ini menghasilkan tiga usulan desain: 1) sistem *Weigh Feeder*, 2) sistem *Weigh Scale*, dan 3) sistem sensor *ultrasonik* dan *load cell*, dengan sistem *Weigh Feeder* sebagai yang paling optimal. Sistem ini juga relevan untuk digunakan pada konveyor pemipil jagung otomatis, membantu menghindari kerusakan akibat kelebihan beban dan meningkatkan akurasi serta efisiensi proses pemipilan.

Jurnal oleh Arga Pratama Egista dan Lukmandono (2021) berjudul "Pengembangan Alat Sensor Kematangan Buah Menggunakan Metode *Quality Function Deployment* dan Metode *Value Engineering*" membahas masalah tidak seragaman dalam penentuan kematangan buah oleh petani yang masih bersifat manual dan subjektif. Metode tradisional yang digunakan sering tidak akurat, berpotensi menyebabkan kerugian akibat panen yang tidak tepat waktu. Selain itu, alat deteksi kematangan yang ada di pasaran sering mahal dan sulit diakses oleh petani kecil. Penelitian ini menggunakan metode QFD untuk memahami kebutuhan pengguna dan menerjemahkannya menjadi spesifikasi teknis, seperti penggunaan sensor *Near-Infrared* (NIR). Metode *Value Engineering* (VE) diterapkan untuk mengoptimalkan fungsi alat dan menekan biaya produksi. Hasil analisis menunjukkan bahwa alat yang dirancang dapat memberikan hasil akurat, mudah diakses, dan efisien. Jurnal ini relevan dengan topik rancang

bangun alat pemipil jagung otomatis karena keduanya menekankan pengembangan produk yang berfokus pada pemenuhan kebutuhan pengguna dan optimalisasi proses secara sistematis.

Jurnal oleh Wirakusuma et al. (2024) berjudul "Rancang Bangun Alat Pengering Kopra Skala Industri Kecil Menengah Dengan Pendekatan *Quality Function Deployment*" membahas masalah pengolahan kopra yang dilakukan dengan cara pengasapan, yang tidak efektif dan tidak ramah lingkungan. Proses ini menghasilkan polusi dan kualitas kopra yang rendah karena suhu dan kelembapan tidak terkontrol. Penelitian ini bertujuan untuk merancang alat pengering kopra yang lebih ramah lingkungan dengan melibatkan pelaku industri kecil menengah (IKM) melalui pendekatan *Quality Function Deployment* (QFD). Hasil rancangan alat memiliki dimensi panjang 119 cm, lebar 93 cm, dan tinggi 142,8 cm, serta memenuhi kebutuhan teknis pengguna seperti bahan berkualitas, desain yang efisien, kehandalan, dan kemudahan perawatan. Uji coba menunjukkan suhu pengeringan mencapai 75°C dalam waktu 3 jam. Penelitian ini relevan dengan topik rancang bangun alat pemipil jagung otomatis karena menunjukkan efektivitas metode QFD dalam mengembangkan alat yang sesuai dengan kebutuhan pengguna, dan dapat diterapkan pada berbagai jenis rancang bangun alat lainnya.

Jurnal oleh Farahdiansari (2023) berjudul "Rancang Bangun Oven Pengering Buah Salak dengan Metode QFD dan Pertimbangan Aspek Ergonomis Pengguna" membahas pengembangan oven pengering untuk Kurma Salak, produk khas Kabupaten Bojonegoro, yang saat ini memerlukan waktu pengeringan hingga tiga hari. Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan efisiensi produksi dengan merancang oven pengering menggunakan metode *Quality Function Deployment* (QFD) dan mempertimbangkan aspek ergonomis. Metode QFD digunakan untuk memahami kebutuhan pengguna, sementara aspek ergonomis memastikan ukuran produk aman dan nyaman digunakan. Penggabungan kedua metode ini diharapkan menghasilkan oven yang tepat guna dan sesuai sasaran. Jurnal ini relevan dengan topik rancang bangun alat pemipil jagung otomatis karena menunjukkan bagaimana QFD dapat diterapkan untuk memahami kebutuhan pengguna dan menentukan atribut desain yang diperlukan, serta bagaimana data *antropometri* dapat digunakan untuk menciptakan produk yang ergonomis.

Jurnal oleh Satriawan dan Hadi (2019) berjudul "Penentuan Persyaratan Teknik dari Mesin Pemutar Adonan Es, Menggunakan QFD Fase Pertama" membahas identifikasi kebutuhan teknis mesin pemutar adonan es untuk UMKM yang memproduksi es puter. Proses pemutaran adonan yang lama dan boros waktu menjadi masalah utama, sehingga mesin

pemutar es diperlukan untuk meningkatkan efisiensi. Dalam penyusunan matriks *House of Quality* (HOQ) fase pertama, ditemukan sembilan atribut kebutuhan konsumen, seperti mesin yang tidak mudah panas, kecepatan putaran yang dapat diatur, dan kemudahan dalam pembersihan. Diskusi dengan narasumber ahli menghasilkan sepuluh atribut persyaratan teknik, termasuk mesin listrik, kecepatan putaran, dan jenis material. Jurnal ini relevan dengan topik rancang bangun alat pemipil jagung otomatis karena menunjukkan bagaimana metode QFD dapat digunakan untuk menentukan kebutuhan konsumen dan mengidentifikasi persyaratan teknis, serta dapat dijadikan referensi dalam mendefinisikan kebutuhan dan persyaratan alat pemipil jagung.

Body of Knowledge (BoK)

BoK bersumber dari landasan sejarah, ditambah validasi atas pengalaman yang selama ini dilaksanakan, dan diperkaya dengan hasil refleksi para aktor pelakunya berdasarkan amatan terhadap perkembangan yang terjadi menyangkut isu tersebut. *Body Of Knowledge* (BOK) dari alat yang akan dibuat adalah sebagai berikut :

1. *Ergonomic & Human Factor*

Ergonomi adalah ilmu yang memperhatikan kenyamanan dan keselamatan kerja manusia dalam berinteraksi dengan alat atau lingkungan kerja. Human Factors mempelajari bagaimana aspek psikologis dan sosial manusia mempengaruhi kinerja dan interaksi dengan sistem. Dalam konteks alat pengayak pasir, keduanya penting untuk memastikan desain yang nyaman, aman, dan efisien bagi operator, mengurangi risiko cedera dan meningkatkan produktivitas.

2. *Quality & Realiability Engineering*

Bidang yang memastikan produk memiliki kualitas baik dan dapat digunakan dengan andal. Mencakup pengujian, pengendalian mutu, dan perbaikan untuk menjaga performa produk selama pemakaian.

3. Keselamatan (*Safety*)

Kondisi di mana risiko cedera atau bahaya bagi individu atau lingkungan diminimalkan atau dihilangkan. Dalam konteks alat pengayak pasir, keselamatan penting untuk melindungi operator, mencegah kecelakaan, melindungi lingkungan, dan mematuhi regulasi keselamatan yang berlaku.

4. *Product Design & Development*

Proses menciptakan dan mengembangkan produk baru, mulai dari ide awal hingga peluncuran di pasar. Ini mencakup penelitian, desain, pengujian, dan iterasi.

C. METODE PENELITIAN

Ruang Lingkup Penelitian

Lingkup ini tidak mencakup pembahasan mendalam mengenai proses manufaktur massal atau produksi skala industri besar, namun terbatas pada pembuatan prototipe. Selain itu, pengujian alat difokuskan pada evaluasi kapasitas kerja, kualitas hasil pemipilan, kenyamanan penggunaan, serta keandalan konstruksi. Tidak dibahas secara rinci integrasi alat ke dalam sistem produksi otomatis berskala besar.

Spesifikasi Produk

Tabel berikut menyajikan spesifikasi lengkap dari setiap bagian alat, mulai dari jenis material, ukuran, hingga fungsinya.

NO	KOMPONEN	MATERIAL	FUNGSI
1	Rangka utama	Besi Siku	Menopang seluruh konstruksi alat agar kokoh dan stabil saat digunakan
2	Pisau pemipil	Baja tahan aus (hard steel)	Memisahkan biji jagung dari tongkol dengan cara memotong dan mengikis
3	Motor listrik	Motor listrik 220V, 200W, 2800 rpm	Sebagai penggerak utama sistem pemipilan
4	Puli & V-belt	Aluminium + karet sintetis	Meneruskan putaran motor ke poros pisau dengan rasio kecepatan tertentu
5	Corong pemasukan	Plat besi tebal 0,5 mm	Tempat memasukkan tongkol jagung ke area pemipilan
6	Saluran keluaran biji	Plat besi tebal 0,5 mm	Mengarahkan hasil pemipilan biji jagung keluar dengan rapi
7	Penutup pelindung	Plat besi tebal 0,5 mm	Melindungi pengguna dari bagian mesin yang bergerak
8	Bearing	Bearing ukuran 6203	Menopang poros pemipil agar berputar stabil dan mengurangi gesekan
9	Roda alat	Karet + baja	Memudahkan pemindahan alat ke lokasi kerja
10	Sistem pembuangan limbah	Plat besi + pipa PVC	Mengeluarkan tongkol jagung sisa secara cepat dan terarah

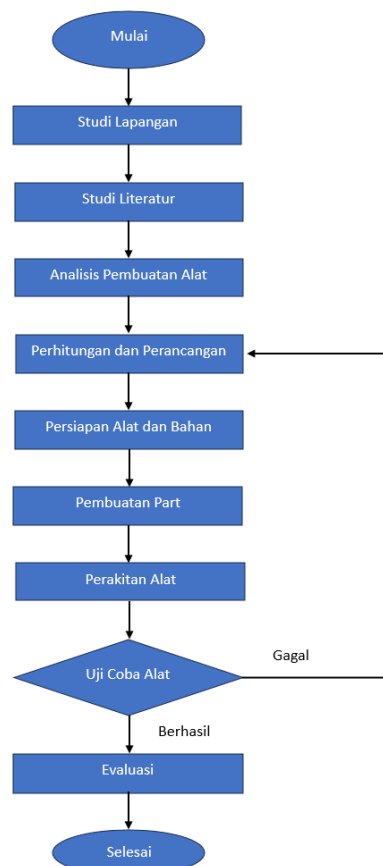
Batasan teknis dan non teknis

Dalam perancangan alat pemipil jagung otomatis ini, batasan teknis ditetapkan untuk mengarahkan proses desain agar lebih fokus dan sesuai dengan tujuan penelitian. Material utama yang digunakan terdiri dari plat baja, besi siku, pipa, poros baja, bantalan (bearing), pulley, sabuk (belt), baut, mur, dan motor listrik sebagai penggerak utama. Pemilihan material dilakukan dengan mempertimbangkan ketersediaan di pasaran, kekuatan yang memadai, serta kemudahan dalam proses perakitan.

Batasan non teknis dalam penelitian ini berkaitan dengan faktor-faktor di luar aspek mekanis yang mempengaruhi ruang lingkup penelitian. Dari sisi biaya, pembuatan alat menggunakan material standar dan sebagian material bekas agar lebih ekonomis serta sesuai dengan anggaran penelitian. Waktu pelaksanaan terbatas hanya sampai tahap pembuatan prototype dan uji coba sederhana, sehingga belum mencakup uji performa jangka panjang maupun produksi skala besar.

Metode Perancangan

Berikut merupakan tahapan perancangan yang menjadi acuan dalam perancangan Alat.



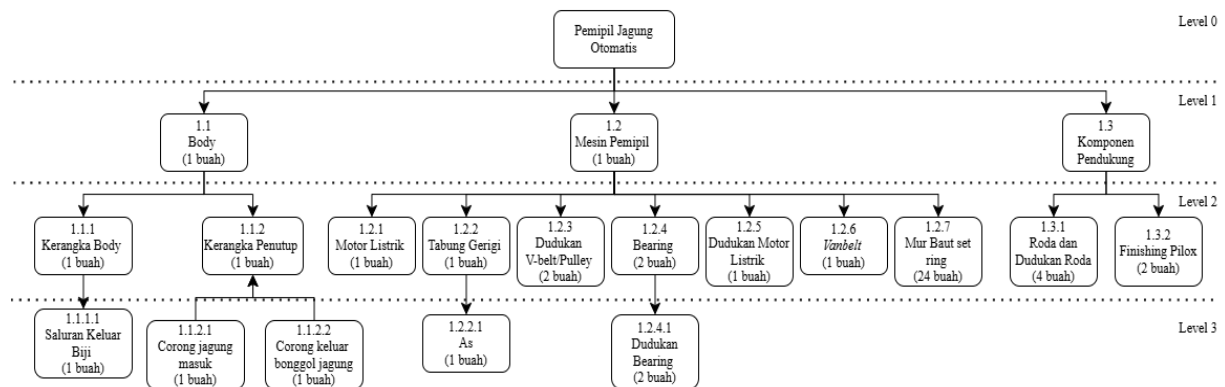
C. HASIL DAN PEMBAHASAN

Prinsip kerja alat

Prinsip kerja alat pemipil jagung otomatis menggunakan motor listrik ini didasarkan pada mekanisme konversi energi listrik menjadi energi mekanik yang menghasilkan gerakan rotasi pada sistem pemipilan. Energi listrik dari sumber daya utama diubah menjadi energi putar melalui motor listrik, kemudian diteruskan melalui sistem transmisi berupa puli dan sabuk-V (V-belt) menuju poros silinder pemipil.

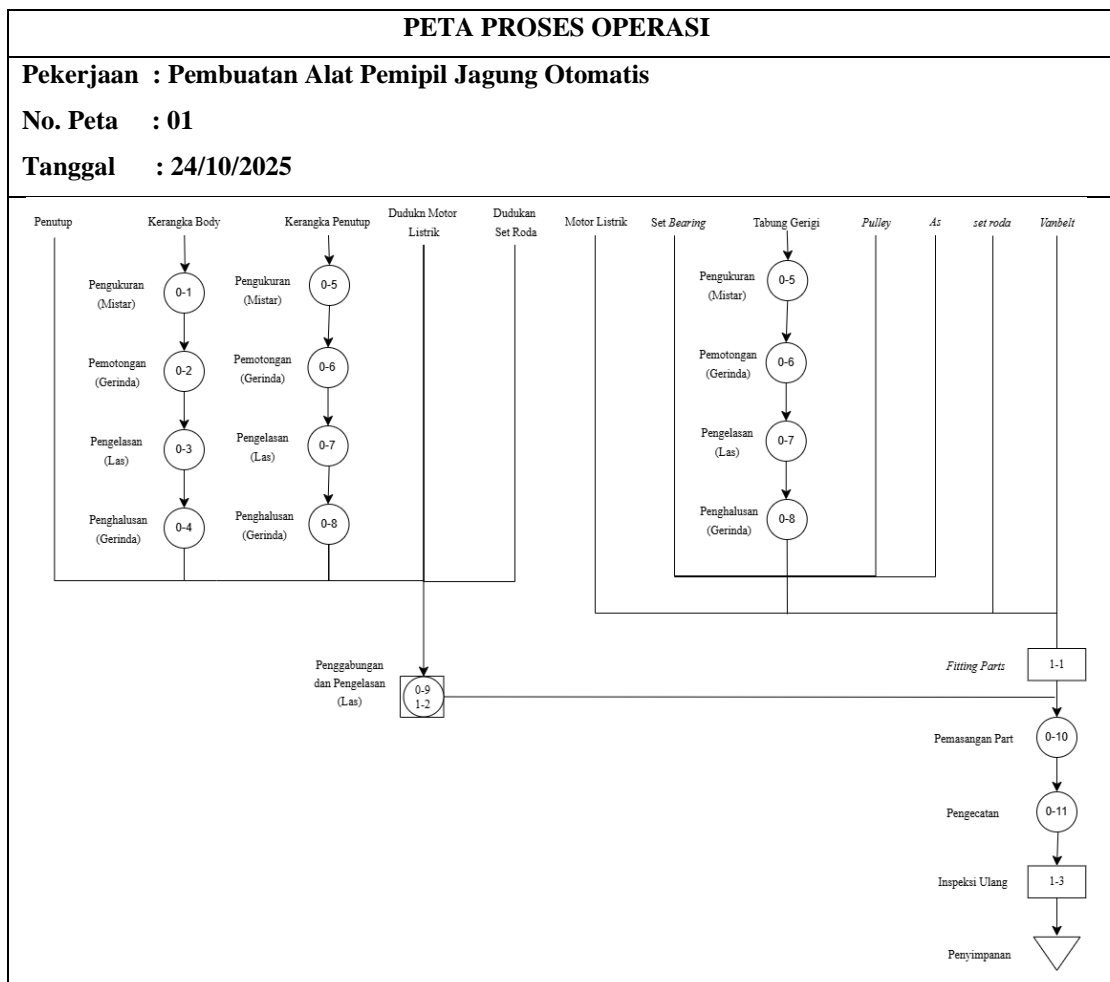
Silinder pemipil berputar dengan kecepatan tertentu sesuai dengan daya dan torsi yang dihasilkan motor. Pada permukaan silinder dipasang pisau-pisau pemipil berbahan baja tahan aus yang berfungsi untuk mengikis dan melepaskan biji jagung dari tongkolnya melalui gaya gesek dan gaya sentrifugal. Proses ini menyebabkan biji jagung terlepas dan jatuh melalui saluran keluaran, sedangkan tongkol kosong terdorong ke arah sistem pembuangan limbah di bagian belakang alat.

BOM(Bill of Material)



Bill of Material (BOM) merupakan daftar dari semua material, *parts*, dan *sub assemblies*, serta kualitas dari masing-masing yang dibutuhkan untuk memproduksi satu unit produk atau *parent assembly*. Definisi lain dari BOM adalah cara komponen itu tergabung ke dalam satu produk selama proses produksi. BOM juga dapat digunakan sebagai standar susunan komponen produk untuk digunakan lebih lanjut dalam perhitungan biaya produk.

OPC(Operasion Proses Chart)



Data Ergonomi

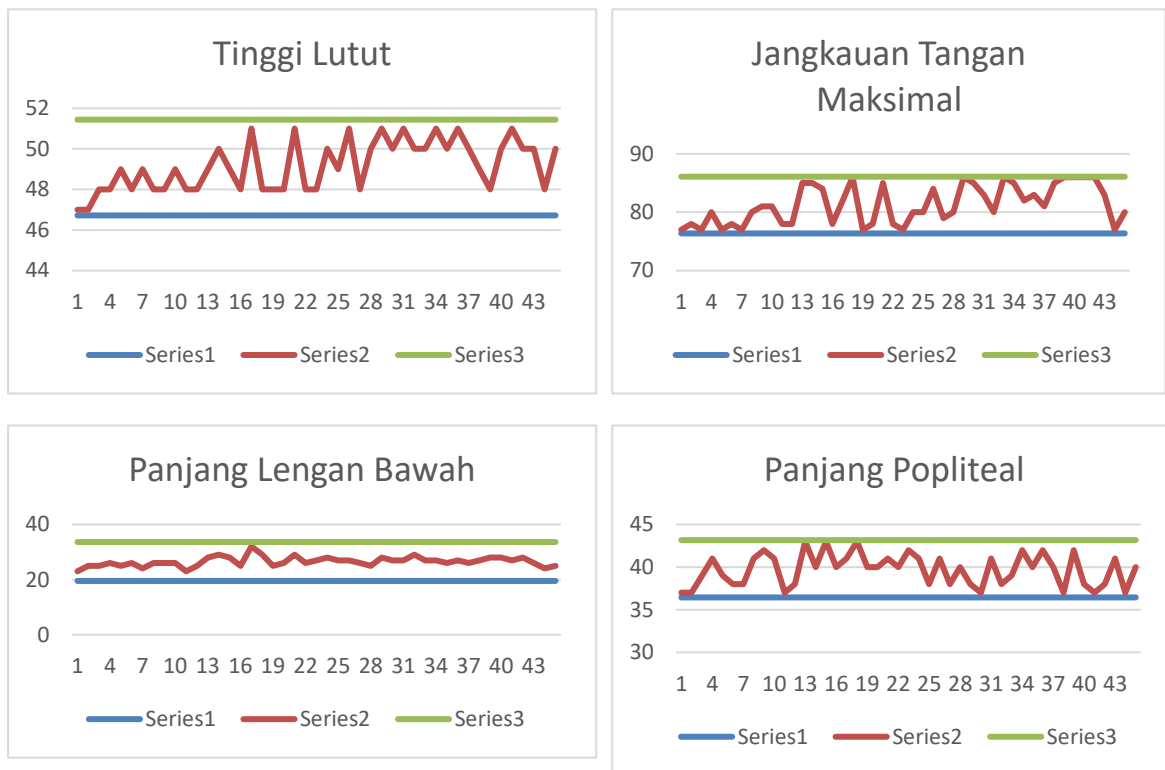
No	Ukuran Tubuh (Antropometri)	Cara Ukur	Bagian Alat yang Disesuaikan	Fungsi Penyesuaian
1	Tinggi lutut	Lantai → puncak lutut saat duduk	Tinggi corong	Agar corong berada pada posisi ergonomis saat duduk untuk memudahkan memasukkan jagung
2	Jangkauan tangan maksimal	Bahu → ujung jari tangan lurus ke depan	Panjang alat	Agar seluruh bagian alat mudah dijangkau tanpa memaksakan gerakan tubuh
3	Panjang lengan bawah	Siku → pergelangan tangan	Tombol on/off di sisi motor listrik	Agar tombol mudah dijangkau tanpa perlu menggerakkan tubuh secara berlebihan
4	Panjang popliteal	Lutut → telapak kaki saat duduk	Tinggi rangka	Agar pengguna bisa duduk dengan nyaman saat menggunakan alat

				tanpa kakinya menggantung
--	--	--	--	---------------------------

Berikut adalah rekapitulasi hasil perhitungan dari setiap data antropometri :

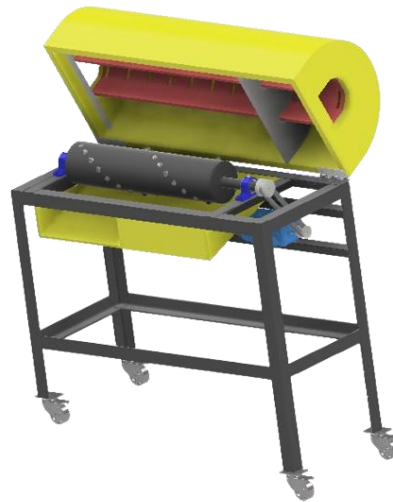
No	Data Yang Diukur	Mean	Stdev	BKA	BKB
1	Tinggi Lutut	49,20	1,22	51,44	46,72
2	Jangkauan tangan maksimal	81,23	2,43	86,09	76,37
3	Panjang lengan bawah	26,57	3,53	33,63	19,51
4	Panjang popliteal	39,80	1,68	43,16	36,44

Berikut merupakan grafik dari hasil perhitungan antropometri :



Gambar Desain dan hasil akhir alat prototipe

Berikut adalah gambar desain alat pemipil jagung:



Berikut merupakan hasil dari alat yang telah di desain berdasarkan hasil perhitungan dan desain virtual sebelumnya :



Analisa Biaya

Berikut merupakan analisa biaya pembuatan dari produk alat pemipil jagung

No	Komponen	Ukuran	Jumlah	Harga (Rp)	Buat/Beli
1	Kerangka <i>Body</i>	P = 60 cm, L= 25 cm, T = 40 cm	1	Rp 30.000	Buat
2	Kerangka penutup	P = 60 cm, L= 25 cm, T = 18 cm	1	Rp 45.000	Buat
3	Motor Listrik	P = 22 cm, D = 12 cm	1	Rp 250.000	Beli

		T = 14,5 cm			
4	Tabung Gerigi	P = 40 D = 7	1	Rp 24.000	Buat
5	Dudukan VBelt/ <i>Pulley</i>	D = 6 cm dan D = 4,8cm	2	Rp 132.000	Beli
6	<i>Bearing</i>	D luar = 6,3 cm D dalam 1,5 cm	2	Rp 33.000	Beli
7	Dudukan Motor Listrik	P = 9 L = 19,5	1	Rp 14.000	Buat
8	<i>VanBelt</i>	P = 55 cm	1	Rp 17.000	Beli
9	Mur Baut	P = 2,5 cm, T = 1 cm, D = 1 cm	24	Rp 45.000	Beli
10	Roda dan Dudukan Roda	D = 7 cm	4	RP 55.000	Beli
11	Saluran Keluar Biji	P = 15 cm L = 11 cm	1	Rp 20.000	Buat
12	Corong Jagung masuk	P = 7 cm L = 9 cm	1	Rp 10.000	Buat
13	Corong keluar bonggol jagung	P = 7 cm L = 9 cm	1	Rp 10.000	Buat
14	As	P = 50,5 cm D = 1,5 cm	1	Rp 20.000	Buat
15	Dudukan <i>bearing</i>	P = 6 cm L = 7 cm	2	Rp 30.000	Buat
16	Mata Bor	D = 4 mm	2	Rp 10.000	Beli
17	Finishing cat besi	Cat besi 50cc	3	Rp 30.000	Beli
18	Biaya desain	-	-	Rp 200.000	-
19	Biaya tenaga kerja	-	-	Rp 250.000	-
	Total			Rp 1.140.000	-

1. Keuntungan

Keuntungan yang ingin diperoleh dari 15% dari Biaya untuk membuat 1 unit alat Pemipil Jagung.

$$\begin{aligned} \text{Keuntungan} &= 15\% \times (\text{biaya jumlah total}) \\ &= 15\% \times \text{Rp } 1.140.000 \\ &= \text{Rp } 171.000 \end{aligned}$$

2. Harga jual untuk 1 unit alat pemipil jagung

$$\text{Harga jual} = \text{Biaya yg dikeluarkan perusahaan} + \text{keuntungan}$$

$$= \text{Rp } 1.140.000 + \text{Rp } 171.000$$

$$= \text{Rp. } 1.311.000$$

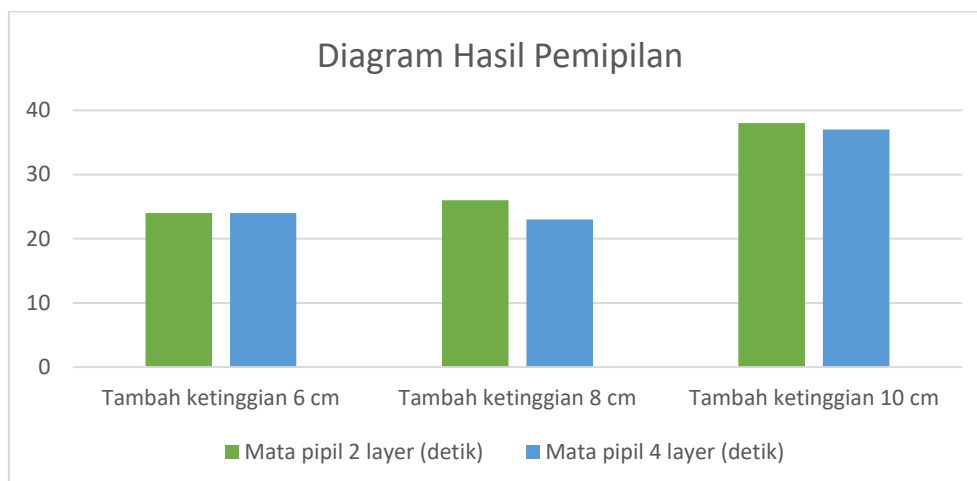
Hasil Pengujian

Berikut merupakan hasil uji dari penggunaan alat yang telah dibuat :

Mata pipil 2 layer	Berat sebelum	Berat biji jagung	Berat bonggol jagung	Waktu pemipilan
Tambah ketinggian 10 cm	506 gram	419 gram	83 gram	37 detik
Tambah ketinggian 8 cm	503 gram	430 gram	75 gram	26 detik
Tambah ketinggian 6 cm	512 gram	427 gram	83 gram	24 detik

Mata pipil 4 layer	Berat sebelum	Berat biji jagung	Berat bonggol jagung	Waktu pemipilan
Tambah ketinggian 10 cm	507 gram	416 gram	86 gram	36 detik
Tambah ketinggian 8 cm	511 gram	426 gram	83 gram	22 detik
Tambah ketinggian 6 cm	509 gram	425 gram	79 gram	24 detik

Berikut diagram dari table di atas:



Dari hasil pengujian diatas maka dipilih penggunaan alat dengan menggunakan mata pipil 4 layer dan tambahan ketinggian sebesar 8 cm, pemilihan dilakukan berdasarkan kecepatan dan kelancaran saat alat bekerja.

D. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan mengenai perancangan alat pemipil jagung otomatis, maka dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

1. Perancangan alat pemipil jagung otomatis pada penelitian ini telah mempertimbangkan aspek Ergonomics & Human Factors dengan menggunakan data antropometri responden petani jagung di Desa Karanganom, Kecamatan Weleri, Kabupaten Kendal. Penyesuaian dimensi alat berdasarkan karakteristik pengguna bertujuan untuk meningkatkan kenyamanan kerja serta mengurangi tingkat kelelahan fisik operator selama proses pemipilan berlangsung.
2. Dari aspek Quality & Reliability Engineering, alat pemipil jagung otomatis yang dirancang memiliki konstruksi yang cukup kuat dan mampu bekerja secara konsisten. Pengujian kinerja menunjukkan bahwa alat dapat meningkatkan efisiensi waktu pemipilan dibandingkan dengan metode manual, sehingga mendukung produktivitas petani dalam kegiatan pascapanen jagung.
3. Aspek Keselamatan (Safety) juga menjadi perhatian utama dalam perancangan alat ini. Upaya keselamatan dilakukan melalui identifikasi potensi bahaya pada bagian alat yang bergerak, perancangan pelindung (guard), serta memastikan stabilitas rangka alat. Dengan demikian, risiko cedera maupun kecelakaan kerja pada operator dapat diminimalkan.
4. Proses perancangan alat pemipil jagung otomatis ini telah dilakukan secara sistematis sesuai dengan konsep Product Design & Development, dimulai dari identifikasi kebutuhan pengguna, pengembangan konsep desain, pembuatan prototipe, hingga tahap pengujian dan evaluasi. Tahapan tersebut menghasilkan alat yang diharapkan mampu memenuhi kebutuhan petani dalam meningkatkan efektivitas serta efisiensi pemipilan jagung.
5. Secara keseluruhan, alat pemipil jagung otomatis yang dirancang dalam penelitian ini diharapkan dapat menjadi solusi alternatif yang lebih ergonomis, aman, andal, dan efisien dalam mendukung proses pemipilan jagung, khususnya bagi petani di Desa Karanganom, Kecamatan Weleri, Kabupaten Kendal.

Saran

- 1) Alat pemipil jagung otomatis yang telah dirancang masih dapat dikembangkan lebih lanjut, khususnya pada peningkatan kapasitas kerja dan efisiensi pemipilan, sehingga dapat disesuaikan dengan kebutuhan produksi yang lebih besar tanpa mengurangi kualitas hasil pemipilan.
- 2) Perlu dilakukan pengembangan pada aspek keselamatan kerja, seperti penambahan sistem pengaman pada bagian yang bergerak, pelindung transmisi, serta tombol *emergency stop*, guna meminimalkan risiko kecelakaan kerja selama pengoperasian alat.
- 3) Penelitian selanjutnya disarankan untuk melakukan pengujian alat dalam jangka waktu yang lebih panjang dan pada berbagai kondisi bahan baku jagung, seperti perbedaan ukuran tongkol dan tingkat kekeringan, sehingga diperoleh data kinerja alat yang lebih komprehensif.
- 4) Untuk meningkatkan kenyamanan dan ergonomi pengguna, disarankan agar dilakukan kajian lanjutan terkait penyesuaian dimensi alat berdasarkan data antropometri pengguna yang lebih luas, sehingga alat dapat digunakan secara optimal oleh berbagai kelompok pengguna.
- 5) Pada penelitian berikutnya, disarankan untuk mengintegrasikan sistem kontrol atau otomasi tambahan, seperti pengatur kecepatan putaran motor dan sistem pemantauan kapasitas kerja, guna meningkatkan fleksibilitas, keandalan, dan kemudahan pengoperasian alat.

DAFTAR PUSTAKA

- Arga Pratama Egista, & Lukmandono (2021). Pengembangan Alat Sensor Kematangan Buah Menggunakan Metode *Quality Function Deployment* dan Metode *Value Engineering*. *Jurnal Ilmiah Universitas Muhammadiyah Buton E-ISSN: 2655-2906, P-ISSN: 2460-5697 Volume 10, No 4, Tahun 2024*.
- Basuki, Aprilyanti, Azhari, & Erwin (2020). perancangan ulang alat perontok biji jagung dengan metode *quality function deployment*. *Jurnal INTECH Teknik Industri Universitas Serang Raya Vol 6 No 1 Juni 2020, 23-30*
- Farahdiansari (2023). Rancang Bangun Oven Pengereng Buah Salak dengan Metode *QFD* (*Quality Function Deployment*) dan Pertimbangan Aspek Ergonomis Pengguna. *JUTIN*

: *Jurnal Teknik Industri Terintegrasi Volume 6 Issue 4 2023, Page 1328-1335 ISSN: 2620-8962 (Online)*

Furqon, Sultan, & Putri (2019) Quality Function Deployment Analysis on Transportation Services. *Advances in Economics, Business and Management Research, volume 65 1st*

Henuk, Y. G., Santoso, C. H., & Kristanti, M. (2018). PERENCANAAN QUALITY FUNCTION DEPLOYMENT (QFD) PADA HOTEL EVERBRIGHT SURABAYA Yohan. *Jurnal Universitas Kristen Petra,1(1),15–30.*<https://publication.petra.ac.id/index.php/manajemen-perhotelan/article/view/2122>

Isworo et al (2018). rancang bangun mesin pengering lada dengan menggunakan metode *kansei engineering* dan *kano*. *Jurnal Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Tanjungpura, Pontianak, 78124 E-mail:*

Kadex Widhy Wirakusuma, Kadriadi, Muhammad Alfian, Moh. Afandy, & Abdul Haris Mubarak (2024). Rancang Bangun Alat Pengering Kopra Skala Industri Kecil Menengah Dengan Pendekatan *Quality Function Deployment*. *jurnal ilmiah teknik mesin vol 05 no 02 (2024) 69–74*

Laetitia et al (2020) PENERAPAN METODE QUALITY FUNCTION DEPLOYMENT UNTUK PENGEMBANGAN DESAIN PRODUK. *Jurnal Online Poros Teknik Mesin Volume 9*

Nurhayati (2022). Pendekatan Quality Function Deployment (QFD) dalam proses pengembangan desain produk Whiteboard Eraser V2. *Jurnal Desain Produk (Pengetahuan dan Perancangan Produk) Vol 5 No 2 Juli-Desember 2022 75-82 ISSN 2477-7900 (printed) | ISSN 2579-7328 (online) | terakreditasi Sinta-4*

Puji Warastri, Eko Ari Wibowo, & Widyastuti (2024). Perancangan Pendeteksi Berat Pada Konveyor Pengangkut Kacang Hijau Dengan Metode *Value Engineering (Ve)*. *Jurnal Inovasi Teknik Industri (JITIN) <http://ejournal.unimugo.ac.id/JITIN> DOI : [jitin.v3i11.1509](https://doi.org/10.30605/jitin.v3i11.1509).*

Saputro (2023). Rancang Bangun Alat Penyimpanan Tempe (Boksterra) Dengan Metode QFD Studi Kasus UMKM Pembuat Tempe di Kota Surabaya. *Journal of Manufacturing in Industrial Engineering and Technology (MIND-TECH) Vol.1, No.1, Juni 2022*

- Satriawan & Hadi (2019). Penentuan Persyaratan Teknik dari Mesin Pemutar adonan es, Menggunakan QFD Fase Pertama. *Journal of Integrated System*, 1(2), 180–192.
<https://doi.org/10.28932/jis.v1i2.1048>
- Stiyono, Sujana, & Prawatya (2022). Rancang Bangun Alat Pengepres Kaleng Bekas dengan Menggunakan Metode Kansei Engineering dan Metode Kano. *Jurnal Industrial Engineering and Management System*.
- Sumiati et al (2024) Mesin Pemipil Jagung Untuk Petani Jagung Di Nagari Salo Kecamatan Baso Kabupaten Agam. *Japepam: Jurnal Pengabdian kepada Masyarakat Vol. 3 No. 1, April 2024, PP. 54-60*