

USULAN
PENELITIAN INTERNAL DOSEN
Progam Studi Teknik Industri Fakultas Saintek



**Pengembangan Prototype Konveyor Otomatis Berbasis
Arduino dengan Metode QFD untuk Peningkatan
Efisiensi Industri**

Tim Peneliti:

Faisal Ashari., S.Pd., M.T
Nayla Farikha Zahra

Dibiayai oleh:

Universitas Bojonegoro

Periode 1 Tahun Anggaran 2024

Nomor Kontrak:

UNIVERSITAS BOJONEGORO

2024

HALAMAN PENGESAHAN
PROPOSAL PENELITIAN PENDANAAN PERGURUAN TINGGI

1.	Judul Penelitian	:	Pengembangan Prototype Konveyor Otomatis Berbasis Arduino dengan Metode QFD untuk Peningkatan Efisiensi Industri
2.	Ketua Peneliti		
	a.	Nama Peneliti	: Faisal Ashari S.Pd., M.T
	b.	NIDN	: 0719019501
	c.	Program Studi	: Teknik Industri
	d.	E-mail	: faisal@saintek.unigoro.ac.id
	e.	Bidang Keilmuan	:
3.	Anggota Peneliti 1		
	a.	Nama (Mahasiswa)	: Nayla Farikha Zahra
	b.	NIDN/NIM	: 23262011040
	c.	Program Studi	: Teknik Industri
	d.	E-mail	: nayfarik937@gmail.com
	e.	Bidang Keilmuan	:
		Anggota Peneliti 2	
	a.	Nama (Dosen/ Mahasiswa)	:
	b.	NIDN/NIM	:
	c.	Program Studi	:
	d.	E-mail	:
	e.	Bidang Keilmuan	:
4.	Jangka Waktu Penelitian	:	
6.	Lokasi Penelitian	:	
7.	Dana Diusulkan	:	
			Bojonegoro, 26 September 2024
Mengetahui,			
Ketua LPPM Universitas Bojonegoro			Pengusul,
<u>Laily Agustina Rahmawati, S.Si., M.Sc.</u> NIDN 07 2108 8601			<u>Faisal Ashari., S.Pd.,M.T</u> NIDN. 0719019501

KATA PENGANTAR

Dengan rasa hormat dan kepercayaan yang tinggi kepada Allah SWT, saya menyampaikan puji syukur kehadirat-Nya atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penelitian ini dapat disusun dengan baik. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan solusi inovatif dalam meningkatkan efisiensi industri melalui penerapan teknologi otomatisasi. Judul penelitian ini adalah "Pengembangan Prototype Konveyor Otomatis Berbasis Arduino dengan Metode QFD untuk Peningkatan Efisiensi Industri."

Dalam era industri 4.0, teknologi otomatisasi menjadi faktor penting dalam upaya peningkatan produktivitas dan efisiensi. Konveyor otomatis, sebagai salah satu bentuk aplikasi teknologi ini, dapat memberikan kontribusi signifikan dalam mempercepat proses produksi dan mengurangi keterlibatan manual yang memerlukan banyak tenaga kerja. Oleh karena itu, penelitian ini berfokus pada pengembangan prototipe konveyor otomatis dengan memanfaatkan platform Arduino sebagai pengendali utamanya.

Metode QFD (Quality Function Deployment) digunakan dalam penelitian ini untuk memastikan bahwa desain dan pengembangan prototipe ini memenuhi kebutuhan dan harapan industri, sekaligus dapat memberikan solusi yang tepat guna. Diharapkan, dengan adanya konveyor otomatis berbasis Arduino ini, perusahaan dapat merasakan peningkatan efisiensi operasional yang signifikan, terutama dalam sektor industri yang menuntut proses produksi yang cepat dan konsisten.

Semoga penelitian ini dapat memberikan kontribusi nyata dalam pengembangan teknologi otomatisasi di industri, serta menjadi acuan bagi upaya-upaya inovatif lainnya dalam memajukan sektor industri nasional. Saya yakin, melalui kerja keras dan komitmen, solusi yang dihasilkan dari penelitian ini dapat memberikan dampak positif bagi dunia industri dan perekonomian secara keseluruhan.

Akhir kata, saya mohon maaf jika terdapat kekurangan dalam penyusunan penelitian ini dan saya terbuka untuk menerima saran serta kritik yang membangun. Semoga penelitian ini menjadi langkah awal yang baik dalam mendukung kemajuan teknologi dan efisiensi di industri masa depan.

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN.....	i
RINGKASAN.....	vii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Manfaat Penelitian.....	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	3
2.1 Konveyor.....	3
2.1.1 Konveyor Sabuk.....	3
2.1.2 Konveyor Rantai.....	4
2.1.3 Konveyor Rol.....	4
2.1.4 Konveyor Geser.....	4
2.1.5 Konveyor Pnuematic.....	5
2.2 Arduino.....	5
2.2.1 Arduino Uno	6
2.3 Quality Function Deployment.....	6
2.3.1 House of Quality.....	7
2.4 Penelitian Terdahulu.....	8
2.5 Kerangka Konsep Penelitian.....	9
BAB III METODE PENELITIAN.....	10
3.1 Jenis dan Pendekatan Penelitian.....	10
3.2 Lokasi Penelitian.....	11
3.3 Perumusan Masalah.....	11
3.4 Tujuan Penelitian.....	11
3.5 Studi Pustaka.....	11
3.6 Studi Lapangan.....	11
3.7 Batasan Penelitian.....	11
3.8 Penentuan Kriteria Kualitas Produk.....	12
3.9 Teknik Pengumpulan Data.....	12
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	14
4.1 Hasil Penelitian.....	14

4.1.1	Data Kuisisioner Kebutuhan Konsumen	14
4.1.2	Data Tingkat Kepentingan (<i>Importance Rating</i>).....	15
4.2	Pengolahan Data dan Pembuatan HOQ (House Of Quality)	17
4.2.1	Identifikasi Kebutuhan Mahasiswa.....	17
4.2.2	Menentukan Tingkat Kepentingan (<i>Importance Rating</i>)	17
4.2.3	Menentukan Karakteristik Teknis (<i>Technical Requirement</i>).....	18
4.2.4	Hubungan Kebutuhan Mahasiswa dan Karakteristik Teknis	20
4.2.5	Bobot kolom.....	21
4.2.6	Matrik Korelasi (Hubungan Antar Karakteristik Teknis)	22
4.2.7	House Of Quality.....	23
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		25
5.1	Kesimpulan	25
DAFTAR PUSTAKA		26

DAFTAR TABEL

Tabel 2.4 1 Penelitian Terdahulu	8
Tabel 4.1 1 Kebutuhan dan Keinginan Mahasiswa.....	14
Tabel 4.1.2 1 Data Importance Rating	16
Tabel 4.2.2 1 Nilai Importance Rating.....	18
Tabel 4.2.3 1 Technical Requirement	19
Tabel 4.2.6 1 Simbol Dan Nilai Matrik Korelasi.....	22

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.2.1 1Tampilan Depan Arduino Uno.....	6
Gambar 2.3.1 1 <i>House of Quality</i>	7
Gambar 3.1 1 Rencana Tahapan Penelitian.....	11
Gambar 4.2.4 1 Hubungan <i>Customer Needs</i>	20
Gambar 4.2.5 1 Bobot Kolom.....	21
Gambar 4.2.6 1 Matrik Korelasi	23
Gambar 4.2.7 1Gambar HOQ	24

RINGKASAN

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan prototype konveyor otomatis berbasis Arduino dengan penerapan metode QFD (Quality Function Deployment) untuk meningkatkan efisiensi dalam industri. Penelitian ini penting mengingat peran vital industri dalam mengoptimalkan proses produksi dan distribusi.

Fokus utama penelitian adalah merancang dan mengimplementasikan sistem konveyor otomatis yang dapat dikendalikan dengan Arduino. Metode QFD akan digunakan untuk mengidentifikasi kebutuhan pelanggan, matriks rumusan fungsi, dan peta house of quality guna memastikan konveyor yang dikembangkan dapat memenuhi standar kualitas dan kebutuhan industri.

Luaran dari penelitian ini diharapkan berupa peningkatan efisiensi dalam proses produksi dan distribusi melalui implementasi konveyor otomatis yang handal dan efektif. Selain itu, artikel jurnal ilmiah akan menjadi hasil penelitian yang dapat berkontribusi pada pengembangan teknologi industri.

Penelitian ini memiliki implikasi positif dalam mendukung transformasi industri menuju sistem produksi yang lebih cerdas dan efisien. Diharapkan hasil penelitian ini dapat memberikan kontribusi signifikan dalam meningkatkan produktivitas dan keunggulan kompetitif industri.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam era industri modern yang dipenuhi dengan persaingan yang semakin ketat, peningkatan efisiensi dan produktivitas menjadi kunci utama untuk mempertahankan daya saing perusahaan(1),(2). Salah satu aspek yang sangat penting dalam industri manufaktur adalah sistem konveyor(3),(4), yang merupakan tulang punggung dalam proses produksi dan distribusi. Konveyor adalah sistem mekanis yang dirancang untuk mengangkut barang atau material dari satu lokasi ke lokasi lain secara otomatis(5),(6). Meskipun konveyor telah menjadi standar industri, konveyor konvensional masih memiliki keterbatasan dalam hal fleksibilitas, adaptabilitas, dan efisiensi.

Keterbatasan ini mencakup kemampuan konveyor untuk menyesuaikan diri dengan berbagai jenis produk, tingkat keandalan operasional, dan tingkat pemeliharaan yang dibutuhkan. Selain itu, perawatan konveyor konvensional sering kali membutuhkan biaya dan waktu yang signifikan, mempengaruhi produktivitas dan efisiensi keseluruhan.

Oleh karena itu, pengembangan konveyor otomatis berbasis Arduino dengan menerapkan metode Quality Function Deployment (QFD) menjadi relevan dalam konteks modern industri. Penggunaan teknologi Arduino dan penerapan metode QFD dalam pengembangan sistem konveyor diharapkan dapat memberikan solusi yang efektif untuk meningkatkan efisiensi operasional dan mengatasi keterbatasan konveyor konvensional.

Metode QFD memungkinkan identifikasi kebutuhan pelanggan yang lebih baik dan mengintegrasikannya ke dalam desain dan spesifikasi teknis konveyor otomatis. Dengan demikian, pengembangan prototipe konveyor otomatis berbasis Arduino dengan metode QFD tidak hanya akan meningkatkan efisiensi produksi, tetapi juga akan menghasilkan sistem yang lebih adaptif, dapat diandalkan, dan mudah dikelola.

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi yang signifikan dalam mengatasi tantangan yang dihadapi oleh industri manufaktur dalam hal efisiensi dan produktivitas. Dengan menerapkan pendekatan inovatif ini, industri dapat mengoptimalkan proses produksi mereka dan meningkatkan daya saing di pasar global yang terus berkembang.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah disampaikan, maka perlu dirumuskan masalah yang ditentukan yaitu bagaimana merancang prototipe konveyor otomatis yang dapat diintegrasikan dengan teknologi Arduino untuk meningkatkan efisiensi dan kehandalan dalam proses pengangkutan material dan juga apa saja atribut-atribut kualitas yang harus dipertimbangkan dalam merancang konveyor otomatis, dan bagaimana QFD dapat digunakan untuk memprioritaskan atribut-atribut tersebut.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Merancang dan mengembangkan prototipe konveyor otomatis berbasis arduino yang dapat meningkatkan efisiensi dalam proses pengangkutan material di lingkungan industri.
2. Penerapkan metode QFD (Quality Function Deployment) dalam proses perancangan konveyor otomatis berbasis arduino.

1.4 Manfaat Penelitian

Hasil temuan dalam penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat sebagai berikut :

1. Penelitian ini akan menghasilkan pengembangan teknologi otomasi yang efisien melalui desain dan implementasi prototipe konveyor otomatis berbasis Arduino. Konveyor otomatis yang efisien ini dapat membantu meningkatkan produktivitas dan efisiensi dalam proses pengangkutan material di lingkungan industri.
2. Dengan menerapkan metode QFD (Quality Function Deployment), penelitian ini akan memberikan manfaat dalam pengembangan sistem konveyor otomatis. Pendekatan ini memungkinkan identifikasi kebutuhan pengguna yang penting dan prioritas atribut kualitas untuk meningkatkan performa dan keandalan konveyor.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Konveyor

Konveyor adalah sistem mekanis yang digunakan untuk memindahkan barang atau material dari satu lokasi ke lokasi lain dengan cara yang teratur. Konveyor umumnya digunakan dalam industri untuk memfasilitasi transportasi material secara efisien.

Prinsip dasar kerja konveyor adalah menggunakan gerakan mekanis (biasanya berupa sabuk, rantai, atau roda) untuk mentransfer material dari satu titik ke titik lain. Konveyor dapat dioperasikan secara otomatis atau manual tergantung pada kebutuhan dan aplikasi.

Jenis-jenis Konveyor:

1. Konveyor Sabuk (Belt Conveyor): Menggunakan sabuk yang bergerak untuk mentransfer material.
2. Konveyor Rantai (Chain Conveyor): Menggunakan rantai yang bergerak untuk mentransfer material.
3. Konveyor Rol (Roller Conveyor): Menggunakan rol yang berputar untuk mentransfer material.
4. Konveyor Geser (Slider Bed Conveyor): Menggunakan permukaan datar yang licin untuk mentransfer material.
5. Konveyor Pneumatik (Pneumatic Conveyor): Menggunakan udara bertekanan untuk mendorong material.

2.1.1 Konveyor Sabuk

Konveyor sabuk (belt conveyor) adalah jenis konveyor yang menggunakan sabuk kontinu yang terbuat dari bahan seperti karet, PVC, atau logam untuk membawa barang atau material dari satu lokasi ke lokasi lain. Sabuk ini dijalankan melalui rol yang didukung oleh struktur frame, memungkinkan untuk mentransfer material secara efisien dan kontinu. Prinsip kerja konveyor sabuk meliputi :

- Material dimuat di atas sabuk konveyor di titik awal.
- Motor penggerak menggerakkan pulley penggerak, yang meneruskan gerakan ke seluruh sabuk.
- Sabuk bergerak dengan cara melintasi pulley penggerak dan pulley idler, membawa material dari satu titik ke titik lain.

- Material dibebankan pada sabuk dapat diatur dengan sistem pengaturan kecepatan dan arah untuk mengatur aliran material.

2.1.2 Konveyor Rantai

Konveyor rantai (chain conveyor) adalah jenis konveyor yang menggunakan rantai sebagai medium utama untuk membawa barang atau material dari satu titik ke titik lain. Rantai ini terdiri dari sejumlah link atau mata rantai yang dihubungkan bersama dan bergerak di sekitar roda gigi untuk memindahkan material. Prinsip kerja konveyor rantai meliputi :

- Material dimuat di atas atau di dalam wadah yang terhubung dengan rantai.
- Motor penggerak menggerakkan roda gigi, yang memutar rantai dan membawa material dari satu titik ke titik lain.
- Rantai bergerak sepanjang lintasan konveyor, membawa material melewati berbagai titik pemuatan dan tujuan.
- Material dapat dimuat dalam jumlah besar dan dipindahkan secara kontinu dengan kecepatan yang dapat diatur.

2.1.3 Konveyor Rol

Konveyor rol (roller conveyor) adalah jenis konveyor yang menggunakan silinder atau rol sebagai medium utama untuk membawa barang atau material dari satu titik ke titik lain. Rol-rol ini biasanya dipasang secara paralel dan membentuk lintasan horizontal atau miring untuk memfasilitasi pergerakan material. Prinsip kerja konveyor rol meliputi :

- Material ditempatkan di atas rol-rol konveyor.
- Rol-rol berputar saat material bergerak melintasi lintasan konveyor.
- Berdasarkan desainnya, konveyor rol dapat digunakan untuk mengangkat material secara gravitasi atau dengan bantuan sistem penggerak.
- Konveyor rol sering digunakan untuk mengangkat barang dalam kontainer, kotak, atau palet.

2.1.4 Konveyor Geser

Konveyor geser (gravity roller conveyor) adalah jenis konveyor yang menggunakan gravitasi untuk memindahkan barang atau material dari satu tempat ke tempat lain. Konveyor ini terutama bergantung pada sudut kemiringan lintasan untuk memungkinkan gerakan material secara alami. Prinsip kerja konveyor geser meliputi :

- Material ditempatkan di atas rol-rol konveyor.
- Berkat kemiringan lintasan, gravitasi menarik material ke bawah.
- Rol-rol berputar saat material bergerak turun lintasan konveyor.
- Konveyor geser tidak memerlukan sistem penggerak tambahan seperti motor atau rantai.

2.1.5 Konveyor Pnuematic

Konveyor pneumatik adalah jenis konveyor yang menggunakan udara bertekanan (pneumatik) untuk memindahkan benda atau material dari satu lokasi ke lokasi lain. Konveyor ini mengandalkan udara bertekanan yang diatur secara mekanis untuk menggerakkan material melalui saluran atau pipa. Prinsip kerja konveyor geser meliputi :

- Udara bertekanan dialirkan ke saluran atau pipa yang terhubung dengan titik awal material.
- Aliran udara bertekanan mendorong material melalui saluran atau pipa menuju tujuan akhir.
- Kontroler pneumatik mengatur aliran udara dan tekanan untuk menggerakkan material secara efisien.
- Konveyor pneumatik biasanya digunakan untuk memindahkan material dalam jumlah besar atau jarak yang panjang dengan cepat.

2.2 Arduino

Arduino adalah kontroler mikro single-board yang bersifat open-source, didesain untuk mempermudah penggunaan elektronik di berbagai bidang. Lingkungan Arduino merupakan perangkat lunak IDE (Integrated Development Environment) gratis yang dikembangkan oleh Arduino Corp. Karena sifatnya yang gratis, pengembangan perangkat lunak dengan Arduino jauh lebih cepat dibandingkan dengan metode pengembangan perangkat lunak lainnya. Hardware Arduino menggunakan prosesor Atmel AVR, sementara softwrenya menggunakan bahasa pemrograman yang khusus. Arduino adalah kit mikrokontroler serba bisa yang sangat mudah digunakan. Untuk membuatnya beroperasi, diperlukan chip programmer untuk menanamkan bootloader Arduino pada chip. Arduino merupakan hardware single-board open-source yang juga menyediakan software open-source. Di sisi perangkat lunak, Arduino dapat berjalan di berbagai platform, termasuk Linux, Windows, dan Mac.

Salah satu keunggulan Arduino adalah tidak memerlukan perangkat keras tambahan (seperti programmer atau downloader) untuk memuat atau meng-upload kode baru ke mikrokontroler. Cukup menggunakan kabel USB untuk memulai

menggunakan Arduino. Selain itu, IDE Arduino menggunakan bahasa pemrograman C++ yang disederhanakan, sehingga memudahkan proses pembelajaran pemrograman. Arduino telah menjadi papan sirkuit pemrograman yang sangat populer dan merupakan standar dalam fungsi mikrokontroler dengan paket yang mudah diakses.

2.2.1 Arduino Uno

Arduino UNO adalah papan mikrokontroler yang didasarkan pada ATmega328. Arduino UNO dapat mengenali lingkungannya dengan menerima input dari berbagai sensor dan dapat memengaruhi sekitarnya dengan mengontrol lampu, motor, dan perangkat aktuator lainnya. Arduino UNO memiliki 14 pin input/output digital, di mana 6 di antaranya dapat digunakan sebagai output PWM, serta 6 input analog. Selain itu, terdapat osilator kristal 16 MHz, koneksi USB, jack daya, header ICSP, dan tombol reset. Arduino UNO menyediakan semua yang diperlukan untuk mendukung mikrokontroler, memudahkan pengguna untuk menghubungkannya ke komputer melalui kabel USB, adaptor AC ke DC, atau menggunakan baterai untuk menghidupkannya.



Gambar 2.2.1 1Tampilan Depan Arduino Uno.

(Sumber: www.arduino.cc)

2.3 Quality Function Deployment

Quality Function Deployment (QFD) adalah suatu metodologi penilaian terstruktur yang bertujuan untuk menetapkan spesifikasi kebutuhan dan keinginan konsumen, serta mengevaluasi secara sistematis kemampuan produk dalam memenuhi kebutuhan pelanggan. Nasution dan Mavondo (2008) menyatakan bahwa QFD merupakan pengembangan dan perbaikan fungsi dari suatu produk. Metode ini membantu dalam menerjemahkan kebutuhan pelanggan menjadi spesifikasi teknis dalam perancangan desain proses.

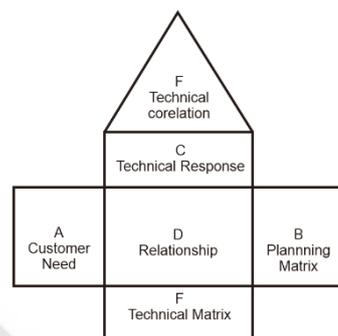
QFD melibatkan proses pendekatan terstruktur untuk mendefinisikan keinginan dan kebutuhan pelanggan dalam suatu rencana pengembangan produk sehingga produk dapat memenuhi kebutuhan pelanggan secara tepat. Proses kunci dalam QFD adalah Voice of Customer (VOC), yang melibatkan pengumpulan atribut kualitas yang diinginkan oleh konsumen terkait suatu produk. VOC dapat diperoleh melalui berbagai metode seperti wawancara, kuesioner, diskusi, atau fokus kelompok.

Proses berikutnya dalam QFD adalah House of Quality (rumah kualitas), di mana kesesuaian antara faktor internal dan eksternal perusahaan ditentukan. QFD diperkenalkan oleh Dr. Yoji Akao pada tahun 1966 di Jepang sebagai metode untuk mengubah permintaan konsumen menjadi desain kualitas guna yang mencakup desain produk, manufaktur, dan operasional yang diinginkan oleh konsumen.

Metode QFD membantu pendesain untuk fokus pada karakteristik dan atribut produk dari sudut pandang segmentasi pasar, pesaing, atau kebutuhan pengembangan teknologi. Atribut kualitas yang perlu ditingkatkan disesuaikan dengan kemampuan teknis perusahaan untuk mencapai keunggulan teknis yang diinginkan.

2.3.1 House of Quality

Langkah berikutnya adalah proses pembuatan "house of quality". Istilah "house of quality" digunakan sebagai analogi untuk menggambarkan matriks-matriks dalam metode QFD. Gambar di bawah ini menunjukkan bentuk umum matriks perencanaan produk atau "house of quality". Matriks-matriks yang tercantum dalam gambar A hingga F menunjukkan urutan pengisian bagian-bagian dari matriks perencanaan produk tersebut. Berikut adalah ilustrasinya:



Gambar 2.3.1 *House of Quality*

Sumber Nasution dan Mavondo, 2008

2.4 Penelitian Terdahulu

Berikut merupakan state of the art dari peneliti sebelumnya

Tabel 2.4 1 Penelitian Terdahulu

No.	Nama dan Tahun Penelitian	Metode Penelitian	Variabel atau Instrumen	Hasil Penelitian
1	(Sujana I, Wicaksono RA,2022) (7)	Eksperimen	Merancang mesin filament ekstruder dengan menggunakan arduino dan untuk mengetahui temperatur suhu ideal pembuatan filamen ABS pada mesin filament ekstruder	Dari rancangan alat ekstruder yang telah dibuat sudah menghasilkan filamen, kecepatan putar screw pada alat ekstruder sebesar 17,5 RPM dengan torsi sebesar 203,455 N.m dari hasil perhitungan didapatkan daya kebutuhan daya heater sebesar 175 watt sehingga heater yang digunakan pada penelitian ini berkapasitas 250 watt. Kapasitas produksi yang mampu dihasilkan pada alat ekstruder yaitu 0,0679 kg/jam.
2	(Iskandar D, Sunarya AS, Ananto G,2019) (8)	Eksperimen	Didapatkan rancangan inovasi alat filament ekstruder <i>machine</i> dengan menggunakan limbah plastic jenis <i>low density polyethylene</i> sebagai bahan	Sensor digital caliper mampu membaca diameter dengan error pembacaan sebesar 1.1% sehingga berpengaruh terhadap keakurasian nilai diameter filament.

No.	Nama dan Tahun Penelitian	Metode Penelitian	Variabel atau Instrumen	Hasil Penelitian
			baku 3d printer	
3	(Tya RA, Adi YS, Burhanuddin A, 2020)(9)	R&D	Merancang mesin filament ekstruder dengan menggunakan arduino dan untuk mengetahui temperatur suhu ideal pembuatan filamen ABS pada mesin filament ekstruder.	Dari tiga kali percobaan menggunakan suhu 200°C, 205°C, dan 210°C pada ketiga percobaan yang paling mendekati sesuai standard filament ABS adalah dengan suhu 205°C yang menghasilkan filamen berdiameter 1,75 mm.

Sumber: Hasil penelitian sebelumnya diolah (2022)

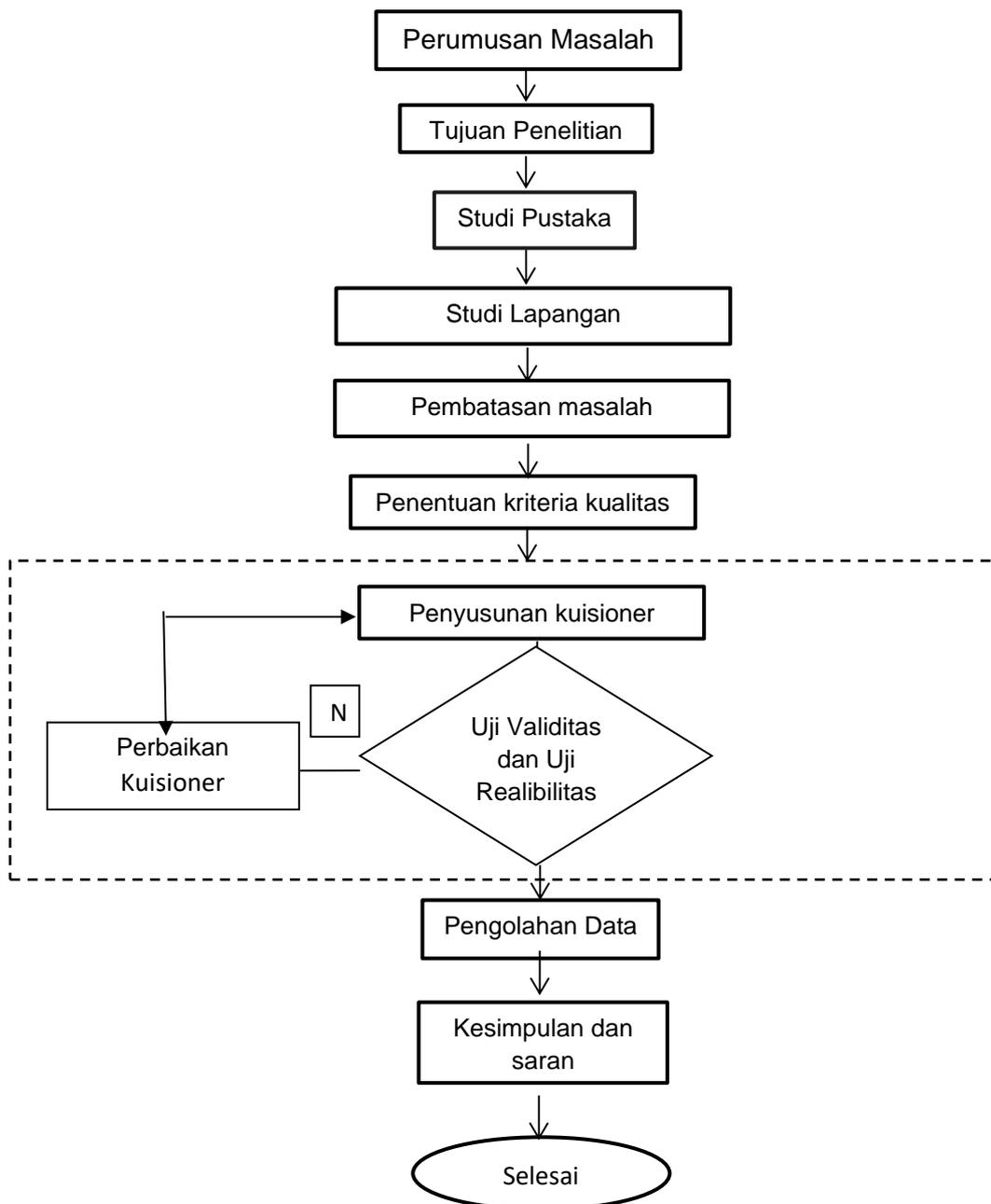
2.5 Kerangka Konsep Penelitian

Kerangka konseptual merupakan alur pikir dari gagasan penelitian yang mengacu pada fakta empiris dan kajian teori, hingga munculnya variabel-variabel yang digunakan di dalam penelitian, bukan merupakan urutan kegiatan pada penelitian/penulisan yang dilakukan (alur penelitian) pada penelitian kuantitatif. Sedangkan pada penelitian kualitatif menjelaskan alur secara jelas mengenai proses penelitian yang akan dilakukan. Kerangka konsep penelitian menyesuaikan bidang keilmuan masing-masing pada penelitian yang akan dilakukan dan disajikan dalam bentuk gambar. Bagi penelitian kuantitatif dan membutuhkan hipotesis maka wajib bagi peneliti untuk memunculkan hipotesis dalam penelitian yang dilakukan.

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Jenis dan Pendekatan Penelitian

Langkah – langkah penelitian yang dilakukan pada pelaksanaan penelitian ini mengikuti Flowchart yang ditunjukkan oleh gambar III.1 sebagai berikut:



Gambar 3.1 1 Rencana Tahapan Penelitian

3.2 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian di laboratorium teknik industri Universitas Bojonegoro. Waktu penelitian dilaksanakan dari bulan Mei 2024 sampai dengan oktober 2024

3.3 Perumusan Masalah

Perumusan masalah adalah tahap pertama yang akan dianalisis berdasarkan latar belakang masalah yang sedang dihadapi oleh peneliti.

3.4 Tujuan Penelitian

Tahapan kedua adalah menentukan tujuan yang akan dicapai dalam proses penelitian secara keseluruhan agar penulisan ini lebih spesifik dalam pembahasan yang dilakukan.

3.5 Studi Pustaka

Pengumpulan data, teori, dan referensi – referensi dari buku serta penelitian yang sudah dilakukan terdahulu untuk menunjang penyelesaian masalah yang terdapat pada penelitian ini dengan langkah – langkah yang tepat dalam mencapai kesimpulan sesuai dengan survey lapangan.

3.6 Studi Lapangan

Dalam penelitian ini juga melakukan survey lapangan yang terjadi secara nyata dan memiliki masalah yang dihadapi pada saat ini, yaitu untuk memperoleh informasi langsung dari lingkungan industri terkait penggunaan konveyor dan kebutuhan efisiensi. Mengumpulkan data aktual terkait proses industri yang ingin ditingkatkan efisiensinya dengan penggunaan konveyor otomatis.

3.7 Batasan Penelitian

Permasalahan yang ada dapat diselesaikan dengan baik dan pembahasan menjadi lebih terarah, maka akan dilakukan beberapa pembatasan masalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Perancangan produk Universitas Bojonegoro.
2. Objek penelitian ini adalah mahasiswa teknik industri Universitas.

3. Kriteria yang digunakan sebagai dasar penelitian adalah rancangan konveyor otomatis berbasis arduino.

3.8 Penentuan Kriteria Kualitas Produk

Kualitas produk konveyor otomatis berbasis arduino dapat dilihat dari berbagai aspek seperti konstruksi body konveyor dan juga kualitas tiap-tiap partnya. Seperti pemilihan bentuk konveyor dan menghitung part produk agar dapat memutuskan part elektrik yang tepat.

3.9 Teknik Pengumpulan Data

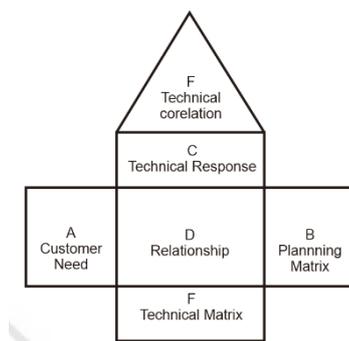
Teknik yang digunakan dalam pengumpulan data pada penelitian ini adalah:

3.9.1. Metode Kuisisioner

Metode kuisisioner digunakan untuk alat pengumpulan data yang akan dianalisis, kuisisioner berisikan tentang karakteristik teknis produk konveyor otomatis berbasis arduino.

3.9.2. Metode House of Quality

Metode House of Quality digunakan untuk pengumpulan data yang akan dianalisis. Menggambarkan matriks-matriks dalam metode QFD, dimana bagian-bagian dari matriks menunjukkan urutan pengisian bagian-bagian dari matriks perencanaan produk konveyor otomatis berbasis arduino tersebut.



Bagian A berisi daftar mengenai kebutuhan konsumen (Customer Needs) dalam hal ini adalah kebutuhan yang diperlukan oleh mahasiswa sesuai peraturan yang di keluarkan oleh panitia kontes robot.

1. Bagian B berisi Matrix perencanaan (planning matrix) yaitu, berisi informasi mengenai data kuantitatif, menunjukkan kepentingan relatif dari

kebutuhan konsumen (mahasiswa), strategi pencapaian tujuan untuk produk atau jasa baru, perhitungan ranking kebutuhan konsumen.

2. Bagian C berisi Tanggapan Teknis (technical response) yaitu berisi informasi mengenai tanggapan teknis tim, merupakan gagasan produk atau jasa yang akan dikembangkan biasanya gambaran tersebut diturunkan dari customer needs pada bagian pertama HOQ
3. Bagian D berisi Hubungan (Relationship) (dampak tanggapan teknis perusahaan dengan kebutuhan pelanggan), pada bagian ini menggunakan metode matrix prioritas (the prioritisation matrix), berisi mengenai keputusan tim kerja terhadap tingkat kekuatan hubungan masing-masing elemen antara tanggapan teknik tim dengan kebutuhan kontes/ perlombaan.
4. Bagian E berisi Korelasi Teknis (technical correlations), berupa setengah matrik persegi ,terbagi sepanjang garis diagonal dan berisi 45 derajat .membentuk seperti atap rumah berisi mengenai taksiran tim kerja terhadap hubungan tiap tiap elemen dari tanggapan teknis tim.
5. Bagian F berisi Matrix Teknis (technical matrix) pada bagian ini terdapat 3 tipe informasi yang dapat diperoleh, yaitu:
 1. Prioritas tanggapan tehnikal (technical response)
 2. Perbandingan persaingan tehnikal (benchmark)
 3. Target tehnikal (technical target)

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian

Data yang dikumpulkan dalam penelitian ini merupakan data primer yang diperoleh melalui penyebaran kuesioner kepada mahasiswa yang akan menggunakan prototype konveyor. Kuesioner yang digunakan adalah kuesioner tertutup, terdiri dari 10 pertanyaan atribut yang terbagi menjadi 2 bagian utama.

4.1.1 Data Kuisiner Kebutuhan Konsumen

Pertanyaan pada bagian pertama yang diberikan kepada responden adalah kuesioner yang bertujuan untuk mengidentifikasi keinginan dan kebutuhan mahasiswa, atau dikenal sebagai *voice of customers* (VOC), terkait produk yang akan dikembangkan. Kuesioner ini disebarakan kepada 35 responden, yaitu mahasiswa Universitas XYZ. Hasil dari kuesioner ini berupa daftar keinginan dan kebutuhan konsumen terkait produk konveyor.

Dari jawaban yang diperoleh melalui kuesioner bagian pertama, yang ditujukan kepada mahasiswa, didapatkan atribut-atribut yang diinginkan dan dibutuhkan terkait produk pesawat tanpa awak (UAV) sebagai berikut:

Tabel 4.1 1 Kebutuhan dan Keinginan Mahasiswa

No	Atribut	Jumlah Responden
1	Bahan yang kuat	25
2	Bahan yang ringan	28
3	Penempatan komponen	23
4	Tingkat keamanan	32
5	Bentuk yang menarik	21
6	Akurasi Sensor	29
7	Ukuran yang ideal	28
8	Mudah pengoperasiannya	34

No	Atribut	Jumlah Responden
9	Keterangan pada produk	24
10	Mekanik pada konveyor	29

Sumber : Olah Data

Hasil dari kuesioner pertama dalam metode QFD menghasilkan 10 keinginan dan kebutuhan konsumen terkait produk. Setelah memperoleh data mengenai keinginan dan kebutuhan konsumen, langkah berikutnya adalah menentukan nilai tingkat kepentingan (importance rating).

4.1.2 Data Tingkat Kepentingan (*Importance Rating*)

Data mengenai tingkat kepentingan diperoleh dari bagian kedua kuesioner yang berisi pertanyaan-pertanyaan tentang seberapa penting setiap kebutuhan dan keinginan responden. Pertanyaan-pertanyaan tersebut terdiri dari 10 item yang disusun berdasarkan hasil rekapitulasi kuesioner pertama. Pada kuesioner kedua ini, skala penilaian yang digunakan adalah sebagai berikut:

1 = Sangat Tidak Penting

3 = Kurang Penting

5 = Cukup Penting

7 = Penting

9 = Sangat Penting.

Tabel 4.1.2 1 Data Importance Rating

Atribut Pertanyaan		Penilaian					Tingkat kepentingan	
		Tidak penting	Kurang penting	Cukup penting	Penting	Sangat penting		
		Jumlah responden menjawab					Total	Rata rata
1	Bahan yang kuat			2	12	21	283	8
2	Bahan yang ringan			4	5	26	289	8.2
3	Penempatan komponen			6	16	13	259	7.4
4	Tingkat keamanan	1	4	10	13	7	217	6.2
5	Bentuk yang menarik	4	8	14	5	4	169	4.9
6	Akurasi Sensor			3	3	29	297	8.4
7	Ukuran yang ideal		5	9	14	7	221	6.3
8	Mudah pengoperasiannya		2	6	18	9	243	6.9
9	Keterangan pada produk		4	7	8	16	247	7
10	Mekanik pada konveyor	2	6	8	12	7	207	5.9

4.2 Pengolahan Data dan Pembuatan HOQ (House Of Quality)

Pengolahan data dilakukan setelah seluruh kuesioner berhasil dikumpulkan oleh peneliti. Semua metode pengujian yang digunakan bertujuan untuk mengevaluasi apakah atribut-atribut pertanyaan dalam penelitian ini valid dan dapat diandalkan (*reliable*).

4.2.1 Identifikasi Kebutuhan Mahasiswa

Menentukan kebutuhan mahasiswa adalah langkah awal dalam penyusunan *House of Quality* (HOQ). Tahap ini dilakukan berdasarkan 35 kuesioner yang telah disebar dan dikembalikan oleh mahasiswa. Dari hasil rekapitulasi kuesioner, diperoleh daftar kebutuhan sebagai berikut:

1. Bahan yang kuat
2. Bahan yang ringan
3. Bahan yang murah
4. Bahan yang mudah didapat
5. Desain yang menarik
6. Desain pesawat yang aerodinamis
7. Ukuran yang ideal
8. Kemudahan pengoperasian
9. Penggunaan daya yang efisien
10. Nilai KV motor yang memadai

Setelah kebutuhan mahasiswa diidentifikasi, langkah berikutnya adalah menentukan *importance rating*.

4.2.2 Menentukan Tingkat Kepentingan (*Importance Rating*)

Setelah mengidentifikasi kebutuhan mahasiswa, atau *voice of customers* (VOC), melalui hasil kuesioner, langkah selanjutnya adalah menentukan tingkat kepentingan (*Importance Rating*) dari keinginan mahasiswa. Untuk mendapatkan data terkait tingkat kepentingan tersebut, telah disebar 35 kuesioner. Dari jumlah tersebut, seluruh kuesioner diisi dan dikembalikan oleh mahasiswa. Berikut ini adalah hasil tingkat kepentingan dari para mahasiswa.

Tabel 4.2.2 1 Nilai Importance Rating

No.	Kebutuhan Mahasiswa	Importance rating
1	Bahan yang kuat	8
2	Bahan yang ringan	8.2
3	Penempatan komponen	7.4
4	Tingkat keamanan	6.2
5	Bentuk yang menarik	4.9
6	Akurasi Sensor	8.4
7	Ukuran yang ideal	6.3
8	Mudah pengoperasiannya	6.9
9	Keterangan pada produk	7
10	Mekanik pada konveyor	5.9

Sumber : Olah Data

Setelah tingkat kepentingan diketahui, langkah berikutnya dalam pembuatan *House of Quality* (HOQ) adalah menetapkan karakteristik teknis atau *technical requirements*. Proses ini melibatkan penerjemahan kebutuhan dan keinginan mahasiswa menjadi persyaratan teknis yang relevan.

4.2.3 Menentukan Karakteristik Teknis (*Technical Requirement*)

Technical requirement adalah representasi kebutuhan konsumen dalam bentuk teknis yang memungkinkan suatu produk untuk dirancang dan dikembangkan secara efektif. Di bagian ini, terdapat target spesifik yang akan ditentukan berdasarkan kemampuan pengembang yang sudah ditetapkan melalui kebutuhan pelanggan. *Technical requirement* untuk setiap kebutuhan konsumen dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4.2.3 1 Technical Requirement

No	Kebutuhan Mahasiswa	<i>Technical Requirement</i>	Satuan
1	Bahan yang kuat	Tahan terhadap tekanan	pascal
2	Bahan yang ringan	Produk portable	-
3	Penempatan komponen	Penempatan Komponen yang presisi	-
4	Tingkat keamanan	Desain dilengkapi dengan safety switch	-
5	Bentuk yang menarik	Desain yang lebih futuristik	-
6	Akurasi Sensor	Sensor dapat bekerja dengan baik	-
7	Ukuran yang ideal	Ukuran box produk	cm
		Ukuran konveyor	cm
		Ukuran wadah benda	cm
		Ukuran tempat sensor	cm
		Ukuran setiap modul komponen	cm
8	Mudah pengoperasiannya	Dengan kabel jumper	-
9	Keterangan pada produk	Pemberian nama setiap pin	-
10	Mekanik pada konveyor	Motor konveyor bekerja dengan baik	Kg

Sumber : Olah data

Setelah menyusun *technical requirements* di atas, dapat dilihat bahwa terdapat banyak keterkaitan antara kebutuhan mahasiswa dan karakteristik teknis. Langkah berikutnya setelah menerjemahkan kebutuhan konsumen ke dalam karakteristik teknis adalah menentukan hubungan antara kebutuhan konsumen dan karakteristik teknis tersebut.

4.2.4 Hubungan Kebutuhan Mahasiswa dan Karakteristik Teknis

Pada tahap ini, dilakukan analisis terhadap hubungan antara kebutuhan mahasiswa (*Customer Needs*) dan karakteristik teknis (*technical requirements*), sehingga dapat diketahui apakah kebutuhan mahasiswa memiliki hubungan yang kuat, sedang, atau lemah dengan karakteristik teknis tersebut. Hubungan yang kuat terjadi jika suatu karakteristik teknis merupakan interpretasi langsung dari kebutuhan konsumen. Hubungan sedang menunjukkan adanya keterkaitan, meskipun tidak dominan, sedangkan hubungan lemah berarti karakteristik teknis tersebut sama sekali bukan merupakan interpretasi langsung dari kebutuhan konsumen. Setiap jenis hubungan kuat, sedang, dan lemah memiliki simbol dan skala nilai yang berbeda, yaitu:

1. Hubungan kuat ditandai dengan simbol (●) dan nilai 9
2. Hubungan sedang ditandai dengan simbol (○) dan nilai 3
3. Hubungan lemah ditandai dengan simbol (△) dan nilai 1
4. Tidak ada hubungan tidak memiliki simbol dan nilai (kosong)

Hubungan antara setiap kebutuhan mahasiswa dan karakteristik teknisnya dapat dilihat pada gambar di bawah ini:

Weight / Importance	Demanded Quality (a.k.a. "Customer Requirements" or "Whats")	Quality Characteristics (a.k.a. "Functional Requirements" or "Hows")													
		tahan terhadap tekanan	produk portable	penempatan komponen yang presisi	desain dilengkapi dengan safety switch	desain yang lebih futuristik	sensor dapat bekerja dengan baik	ukuran box	ukuran konveyor	ukuran wadah benda	ukuran tempat sensor	ukuran setiap modul komponen	dengan kabel jumper	pemberian nama setiap pin	motor konveyor bekerja dengan baik
8,0	Bahan yang kuat	○	○	○		△									
8,2	Bahan yang ringan		○	△				△							
7,4	Penempatan komponen		○	○		○		○	○	△	△	○	△		△
6,2	Tingkat keamanan	○	△	△	○								△		
4,9	bentuk yang menarik		○	○		○								○	
8,4	Akurasi sensor			○		○	△				○		○		△
6,3	ukuran yang ideal		○	△		○		○	△	○	○	○			△
6,9	mudah pengoperasiannya		○										○	○	
7,0	keterangan pada produk												△	○	
5,9	mekanik pada konveyor														○

Gambar 4.2.4 1 Hubungan *Customer Needs*

Dengan *technical requirement*

(Sumber : Olah Data)

4.2.5 Bobot kolom

Bobot kolom merupakan proses untuk memperoleh informasi mengenai tingkatan dalam pengembangan produk. Nilai bobot kolom diperoleh melalui perkalian dan penjumlahan antara *importance rating* dengan nilai matriks hubungan antara kebutuhan mahasiswa dan karakteristik teknis. Rumus yang digunakan untuk menghitung bobot kolom adalah sebagai berikut:

$$\text{Bobot kolom} = \Sigma(\text{importance rating} \times \text{nilai karakteristik teknis}).$$

Sebagai contoh, untuk menghitung bobot kolom pada karakteristik teknis bentuk yang sesuai dengan kebutuhan mahasiswa, nilai bobot kolom karakteristik teknisnya dapat dilihat pada gambar di bawah ini.

Weight / Importance	Demanded Quality (a.k.a. "Customer Requirements" or "Whats")	Quality Characteristics (a.k.a. "Functional Requirements" or "Hows")													
		tahan terhadap tekanan	produk portable	penempatan komponen yang presisi	desain dilengkapi dengan safety switch	desain yang lebih futuristik	sensor dapat bekerja dengan baik	ukuran box	ukuran konveyor	ukuran wadah benda	ukuran tempat sensor	ukuran setiap modul komponen	dengan kabel jumper	pemberian nama setiap pin	motor konveyor bekerja dengan baik
8,0	Bahan yang kuat	⊖	⊖	⊖		▲									
8,2	Bahan yang ringan	▲	⊖	▲				▲							
7,4	Penempatan komponen		⊖	⊖		⊖		⊖	⊖	▲	▲	⊖	▲	▲	
6,2	Tingkat keamanan	⊖	▲	▲	⊖								▲		
4,9	bentuk yang menarik		⊖	⊖		⊖							⊖		
8,4	Akurasi sensor			⊖			⊖	▲			⊖		⊖	▲	
6,3	ukuran yang ideal		⊖	▲		⊖		⊖	▲	⊖	⊖	⊖		▲	
6,9	mudah pengoperasiannya		⊖										⊖	⊖	
7,0	keterangan pada produk												▲	⊖	
5,9	mekanik pada konveyor								⊖					⊖	
Target or Li															
Bobot Kolom		342	567,9	234	175,4	287,9	333	172,2	270,9	101,9	276,3	75,6	194,4	197,1	

Gambar 4.2.5 1 Bobot Kolom

(Sumber : Olah Data)

Fungsi dari perhitungan bobot kolom ini adalah untuk mengidentifikasi nilai tertinggi yang akan menetapkan prioritas dalam pengembangan produk berdasarkan bobot kolom yang telah diperoleh. Setelah mengetahui bobot kolom untuk setiap karakteristik teknis, langkah selanjutnya adalah menentukan hubungan antara satu karakteristik teknis dengan karakteristik teknis lainnya.

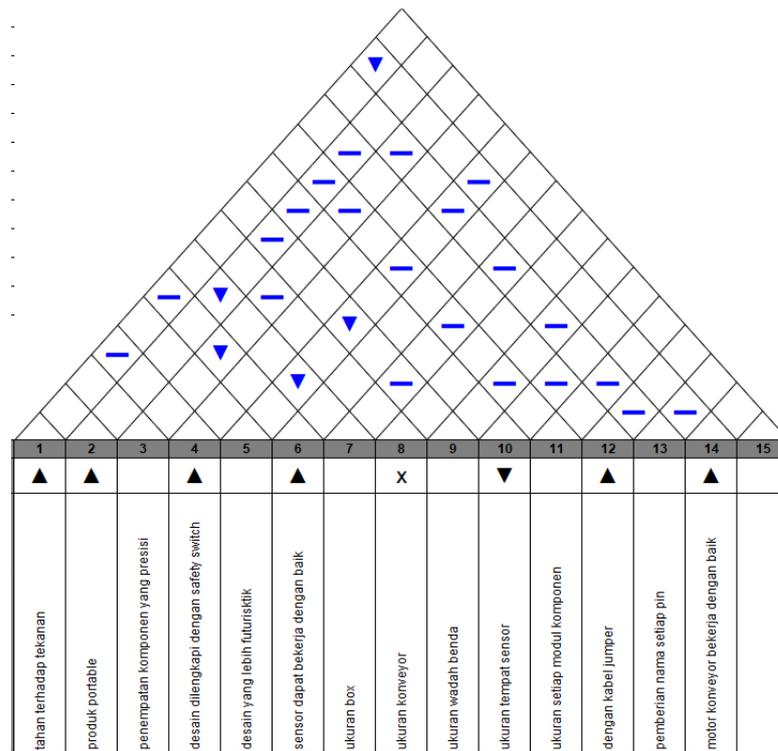
4.2.6 Matrik Korelasi (Hubungan Antar Karakteristik Teknis)

Matrik korelasi adalah tabel segitiga yang digunakan untuk menunjukkan hubungan antara satu karakteristik teknis dan karakteristik teknis lainnya. Matrik ini menjelaskan hubungan antara kebutuhan teknis dari pengembang. Pembuatan matrik ini berguna untuk mengidentifikasi area yang memungkinkan untuk dilakukan penelitian dan pengembangan. Matrik korelasi menggunakan simbol-simbol untuk menggambarkan hubungan yang ada. Simbol-simbol tersebut digunakan untuk menunjukkan hubungan antar karakteristik teknis sebagai berikut:

Tabel 4.2.6 1 Simbol Dan Nilai Matrik Korelasi

●	= Hubungan sangat kuat
○	= Hubungan kuat
↑	= Semakin dinaikkan semakin bagus
↓	= Semakin diturunkan semakin bagus
⤴	= Bisa dinaikkan sampai titik tertentu
⤵	= Bisa diturunkan sampai titik tertentu

Penggambaran matrik korelasi yang menunjukkan hubungan antara technical requirement adalah sebagai berikut :

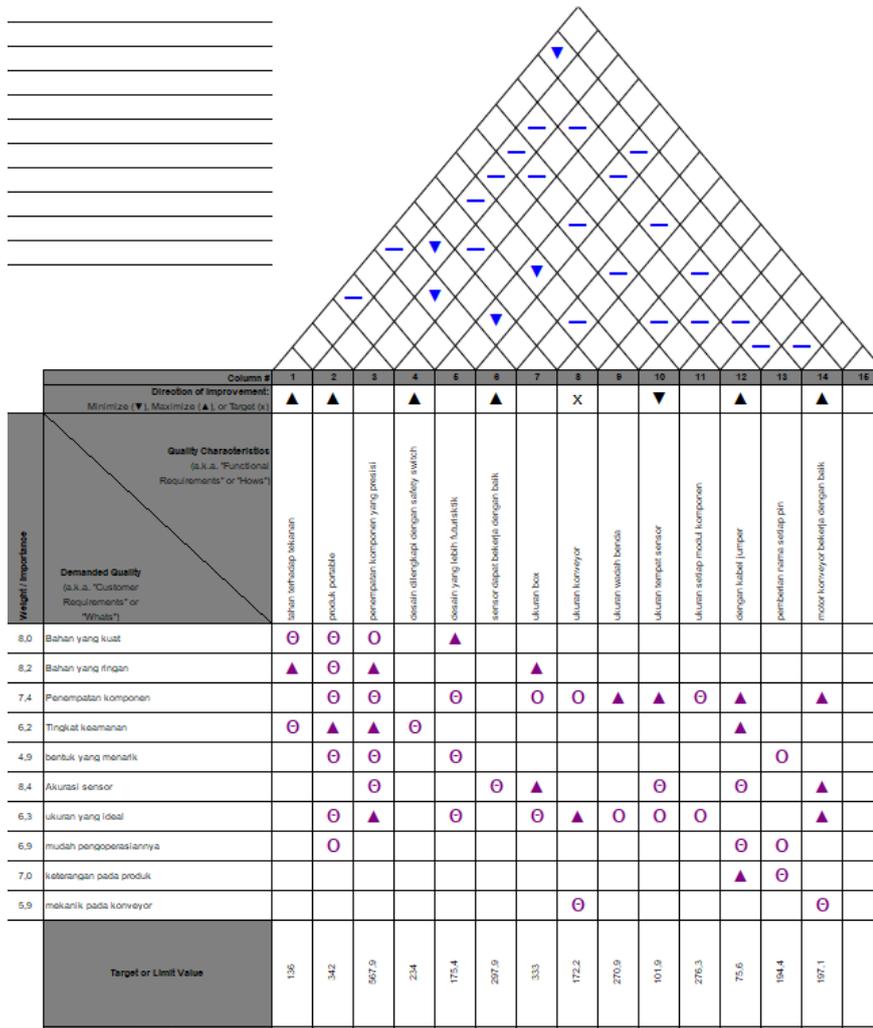


Gambar 4.2.6 1 Matrik Korelasi

(Sumber : Olah Data)

4.2.7 House Of Quality

House of Quality (HOQ) adalah representasi dari *voice of customer* yang harus diperhatikan oleh perusahaan, karena *voice of customer* merupakan pendekatan sistematis untuk memasukkan umpan balik pelanggan ke dalam desain, proses, produksi, hingga pelayanan. HOQ dianggap sebagai fondasi utama dan bagian paling komprehensif dalam pengembangan produk, karena mencakup elemen-elemen seperti apa (kebutuhan pelanggan), bagaimana (kebutuhan teknis), matriks hubungan, penilaian kompetitif, dan tingkat kepentingan. Bentuk dari HOQ dapat dilihat pada gambar dibawah ini:



Gambar 4.2.7 1 Gambar HOQ

(Sumber : Olah Data)

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan data, penulis memperoleh kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian mengenai Pengembangan Prototype Konveyor Otomatis Berbasis Arduino dengan Metode QFD untuk Peningkatan Efisiensi Industri sebagai berikut :

- A. Berdasarkan hasil pengolahan data yang dilakukan kepada tim robotic universitas XYZ yang bertindak sebagai konsumen, terdapat 5 kriteria nilai prioritas yang diinginkan konsumen (tim robotik) sebagai berikut :
 - a. Akurasi Sensor
 - b. Bahan yang ringan
 - c. Bahan yang kuat
 - d. Penempatan komponen
 - e. Keterangan pada produk

- B. Akurasi sensor mendapat nilai importance rating paling tinggi yaitu 8,4. Kemudian bahan yang ringan mendapatkan nilai 8,2. Posisi ketiga yaitu bahan yang kuat mendapatkan nilai 8,0. Posisi ke empat yaitu penempatan komponen mendapatkan nilai 7,4. Dan keterangan produk mendapat nilai 7.

DAFTAR PUSTAKA

1. Indrayani H. PENERAPAN TEKNOLOGI INFORMASI DALAM PENINGKATAN EFEKTIVITAS, EFISIENSI DAN PRODUKTIVITAS PERUSAHAAN. Jurnal EL-RIYASAH. 2012 Dec 1;3(1):48.
2. Pristianingrum N. Peningkatan Efisiensi Dan Produktivitas Perusahaan Manufaktur Dengan Sistem Just In Time. ASSETS - Jurnal Ilmiah Ilmu Akuntansi Keuangan dan Pajak. 2017;1(1).
3. Hanafie A, Darti Akhsa AC, Alam N, Sandy A. RANCANG BANGUN SISTEM KONVEYOR PENGHITUNG TELUR OTOMATIS. ILTEK : Jurnal Teknologi. 2020;15(01).
4. Putri TWO, Mowaviq MI. PROTOTIPE SISTEM KONVEYOR OTOMATIS DENGAN KENDALI KECEPATAN BERBASIS PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLER. Barometer. 2021;6(1).
5. Luhung, B. A., Sumardi, S., & Setiyono B. Penerapan PLC HMI (Human Machine Interface) Untuk Monitoring Objek Pada Sistem Konveyor. Pengembangan Sumber Daya Perdesaan dan Kearifan Lokal Berkelanjutan VIII. 2018;
6. Supiyadi RA, Asri P, Nugraha AT. Rancang Bangun Prototipe Sistem Kontrol UV Conveyor dan Monitoring Kadar Air Cacahan Plastik Berbasis Mikrokontroler. Elektriase: Jurnal Sains dan Teknologi Elektro. 2023;13(01).
7. Sujana I, Wicaksono RA. Rancang Bangun Alat Ekstruder Dengan Pemanfaatan Limbah Plastik Polypropylene Dan Polyethylene Terephthalate Untuk Menghasilkan Filamen 3D Printing. Vol. 3. 2022.
8. Iskandar D, Sunarya AS, Ananto G, Mesin T, Elektromekanik KT. [Design and Manufacture of Filament Extruder Machine Utilise LDPE as the 3D Printing Feed]. 2019;1–10.
9. Tya RA, Adi YS, Burhanuddin A. Rancang Bangun Mesin Filament Extruder Yang Berbasis Arduino Mega2560 Dengan Hasil Acrylonitrile Butadiene Styrene (Abs). Science and Engineering 2020;5(Sens 5):495–506.