

TUGAS AKHIR

**EVALUASI ASPEK ERGONOMI PADA PROTOTYPE
MESIN SORTASI TOMAT**



**PUPUT TRI HANTORO
202115015**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS NAHDATUL ULAMA AL GHAZALI CILACAP
CILACAP
2023**

PERNYATAAN ORISINILITAS TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan di bawah ini, saya :

Nama : Puput Tri Hantoro
NIM : 202115015
Fakultas/Prodi : Fakultas Teknologi Industri/Teknik Mesin
Tahun : 2023
Judul Tugas Akhir : Evaluasi Aspek Ergonomi Pada Prototype Mesin
Sortasi Tomat

Menyatakan bahwa Tugas Akhir ini benar – benar orisinal/asli dibuat oleh saya sendiri, tidak ada pihak lain yang membuat tugas akhir ini, tidak ada unsur plagiat kecuali pada bagian – bagian yang disebutkan rujukannya. Jika suatu hari ditemukan adanya indikasi dibuat oleh pihak lain atau plagiat, maka saya bersedia menerima konsekuensi dari Institusi.

Demikian surat pernyataan ini dibuat dengan penuh kesadaran tanpa ada paksaan.

Cilacap, 19 Juni 2023

Yang menyatakan



Puput Tri Hantoro

PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR

Sebagai Civitas Akademik Universitas Nahdlatul Ulama Al Ghazali Cilacap, saya yang

Nama : Puput Tri Hantoro
NIM : 202115015
Fakultas/Prodi : Fakultas Teknologi Industri/Teknik Mesin
Tahun : 2023
Jenis Karya : Tugas Akhir

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Nahdlatul Ulama Al Ghazali (UNUGHA) Hak Bebas Royalti Noneklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*) atas tugas akhir saya yang berjudul: “Evaluasi Aspek Ergonomi Pada Prototype Mesin Sortasi Tomat” beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Adanya Hak Bebas Royalti Noneklusif ini Universitas Nahdlatul Ulama Al Ghazali Cilacap (UNUGHA Cilacap) berhak menyimpan, mengelola dalam bentuk database, merawat dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian surat pernyataan ini dibuat dengan penuh kesadaran tanpa ada paksaan.

Cilacap, 19 Juni 2023

Yang menyatakan



Puput Tri Hantoro

LEMBAR PENGESAHAN

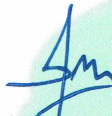
Tugas Akhir Saudara,

Nama : Puput Tri Hantoro
NIM : 202115015
Judul : Evaluasi Aspek Ergonomi Pada Prototype Mesin Sortasi Tomat

Telah di sidang Tugas akhir oleh Dewan Penguji Fakultas Teknologi Industri Universitas Nahdlatul Ulama Al Ghazali (UNUGHA) Cilacap pada hari / tanggal :
Kamis, 25 Mei 2023


Dan dapat di terima sebagai pemenuhan tugas akhir mahasiswa Program Strata 1 (S1) Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri pada Universitas Nahdlatul Ulama Al Ghazali (UNUGHA) Cilacap.

Penguji I



Ir. Sigit Suwanto, M.T.
NIDN. 0628117802

Penguji II



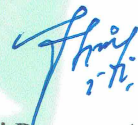
Frida Amriyati Azzizzah, M.Pd.
NIDN. 0607049101

Pembimbing I



Christian Soolany, S.TP, M.Si
NIDN. 0627128801

Pembimbing II



Dhimas Oki Permata Aji, S.Pd, M.Pd
NIDN. 0612109001

Cilacap, 13 Juni 2023

Mengesahkan
Dekan Fakultas Teknologi Industri



Christian Soolany, S.TP, M.Si
NIDN. 0627128801

NOTA KONSULTAN

Hal : Naskah Skripsi Puput Tri Hantoro

Lamp : -

Kepada
Yth. Dekan Fakultas Teknologi Industri
Universitas Nahdlatul Ulama Al
Ghazali Cilacap
Di –
Cilacap

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Setelah membaca, mengoreksi dan mengadakan perbaikan seperlunya, maka konsultan berpendapat bahwa skripsi saudara:

Nama : Puput Tri Hantoro

NIM : 202115015

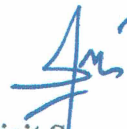
Fakultas/Prodi : Fakultas Teknologi Industri / Teknik Mesin

Judul skripsi : Evaluasi Aspek Ergonomi Pada Prototype Mesin Sortasi Tomat

Telah dapat diajukan kepada Fakultas Teknologi Industri Universitas Nahdlatul Ulama Al Ghazali Cilacap untuk memenuhi sebagai syarat memperoleh gelar Strata Satu (S-1).

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Cilacap, 19 Juni 2023
Konsultan



Ir. Sigit Suwanto, M.T.
NIDN. 0628117802

ABSTRAK

Penyortiran merupakan salah satu kegiatan yang membutuhkan percepatan dan ketepatan terhadap kualitas produk yang akan dipasarkan atau untuk industri pengolahan selanjutnya. Contoh dalam hal ini adalah pengaplikasian kegiatan penyortiran hasil pertanian buah tomat, penyortiran buah tomat biasanya dilakukan dengan manual tenaga manusia. Banyaknya buah tomat yang harus disortir menimbulkan masalah misalnya penilaian subyektif tiap penyortir terhadap tingkat kematangan dan ukuran tomat yang disortir, human error karena rutinitas pasti terjadi, serta produktivitas penyortiran tidak stabil dikarenakan factor kelelahan penyortir. Oleh sebab itu proses otomatisasi merupakan salah satu solusi yang tepat untuk diimplementasikan, perlu adanya teknologi tepat guna untuk system penyortiran tomat yaitu salah satunya mesin sortasi tomat berdasarkan ukuran dan warna berbasis arduino, namun dalam aplikasi *prototype* mesin sortasi tersebut masih perlu beberapa penyempurnaan, dalam hal ini kajian tentang aspek ergonomi pada mesin sortasi tomat antara lain tingkat kenyamanan operator, getaran dan kebisingan lingkungan. Metode penelitian yang digunakan melibatkan pengumpulan data melalui observasi, kuesioner, dan pengukuran ergonomi menggunakan metode RULA (*Rapid Upper Lim Assesment*) dan *Nordic Body Map* (NBM). Responden dalam penelitian ini adalah operator mesin sortasi tomat. Temuan penelitian menunjukkan bahwa mesin sortasi tomat berbasis Arduino memiliki teknologi antar muka yang mudah dipahami, memungkinkan pengguna untuk dengan mudah memasukkan tomat ke konveyor dan memantau proses sortasi. Evaluasi pengguna menunjukkan bahwa tingkat kenyamanan pengguna dalam menggunakan mesin ini cukup baik, dengan 16% responden menyatakan sangat baik, 36% menyatakan baik, 29% menyatakan cukup baik, 16% menyatakan kurang baik, dan 4% menyatakan tidak baik. Kemudian, analisis menggunakan metode RULA dan NBM diperlukan untuk mengetahui dan mengevaluasi kekurangan pada prototype mesin sortasi tomat tersebut dalam hal ergonomi dan antropometri postur tubuh operator, sehingga dapat meminimalisir keluhan penyakit akibat kerja secara jangka pendek dan panjang bagi si penyortir, serta sebagai analisa *re-design* alat bantu kerja yang memperhatikan prinsip antropometri tubuh manusia.

Kata Kunci : Penyortiran, mesin sortasi, ergonomi, antropometri.

ABSTRACT

Sorting is one of the activities that require acceleration and accuracy of the quality of the product to be marketed or for the next processing industry. An example, in this case, is the application of sorting activities for tomato agricultural products, sorting tomatoes is usually done manually by human labor. The large number of tomatoes that must be sorted raises problems such as the subjective assessment of each sorter on the maturity level and size of the tomatoes being sorted, human error due to routine occurrences, and unstable sorting productivity due to sorter fatigue. Therefore the automation process is one of the right solutions to implement, it is necessary to have appropriate technology for the tomato sorting system, namely one of the tomato sorting machines based on Arduino-based size and color, but in the prototype application the sorting machine still needs some improvements, in terms of In this study, the ergonomic aspects of tomato sorting machines include the level of operator comfort, vibration, and environmental noise. The research method used involved collecting data through observation, questionnaires, and ergonomics measurement using metode RULA (Rapid Upper Lim Assesment) dan Nordic Body Map (NBM). Respondents in this study were tomato sorting machine operators. The research findings show that the Arduino-based tomato sorter has an easy-to-understand interface, enabling users to easily load tomatoes onto the conveyor and monitor the sorting process. User evaluations show that the level of user comfort in using this machine is quite good, with 16% of respondents saying it was very good, 36% saying it was good, 29% saying it was quite good, 16% saying it was not good, and 4% saying it was not good. Then, an analysis using the RULA and NBM methods is needed to find out and evaluate the deficiencies in the prototype tomato sorting machine in terms of ergonomics and anthropometry of the operator's body posture, so as to minimize complaints of work-related illnesses in the short and long term for the sorter, as well as a re-analysis design of work aids that pay attention to the anthropometric principles of the human body.

Keywords : sorting, sorting machine, ergonomics, anthropometry.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada ALLAH S.W.T yang telah melimpahkan rahmat dan karuniah-NYA sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir yang berjudul Evaluasi Aspek Ergonomi Pada Prototype Mesin Sortasi Tomat. Yang saya susun untuk memenuhi salah satu syarat untuk mendapat gelar sarjana Teknik Mesin pada Fakultas Teknologi Industri Universitas Nahdlatul Ulama Al Ghazali (UNUGHA) Cilacap. Penulis ingin mengucapkan banyak terimakasih kepada seluruh pihak yang sudah membantu dalam laporan Tugas Akhir ini sehingga dapat terselesaikan dengan baik. Maka dari itu, penyusun mengucapkan terimakasih sebesar-besarnya kepada :

1. Allah SWT dengan berkat dan rahmat-Nya berupa kesehatan dan juga kelimpahan rezekinya sehingga penulis dapat menyelesaikan proposal tugas akhir dengan baik dan lancar.
2. Bapak Drs. KH. Nasrulloh, M.H selaku Rektor Universitas Nahdlatul Ulama Al Ghazali (UNUGHA) Cilacap.
3. Bapak Christian Soolany, S.TP, M.Si selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri dan Pembimbing I.
4. Bapak Dhimas Oki Permata Aji, M.Pd selaku Kaprodi Teknik Mesin dan Pembimbing II.
5. Kedua orang tua (khususnya Ibu dan Almarhum Bapak tercinta) dan mertua saya tercinta yang selalu memberikan doa dan dukungannya.
6. Istri dan anak tercinta yang selalu memberikan doa dan dukungannya.
7. Bapak/Ibu Dosen di Lingkungan FTI UNUGHA CILACAP,
8. Staff FTI UNUGHA beserta karyawan di lingkungan UNUGHA.
9. Rekan satu penelitian Pak Aan dan Pak Khaerudin di TM 2020.
10. Teman – Teman Mesin Angkatan 2020 FTI UNUGHA CILACAP.
11. Seluruh Mahasiswa Teknik Mesin FTI UNUGHA CILACAP.
12. Seluruh Pimpinan dan Rekan kerja di SPMT Branch Tanjung Intan.
13. Kepada seluruh pihak yang terlibat dalam penyelesaian Tugas Akhir ini yang tidak bisa saya sebutkan satu per satu

Dengan demikian penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam pembuatan Tugas Akhir ini, sehingga penulis mengharapkan berbagai pihak

yang bersangkutan untuk memberikan kritik dan saran yang membangun untuk pengembangan keilmuan khususnya di bidang ergonomi.

Cilacap, 19 Juni 2023

Yang Menyatakan

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Puput Tri Hantoro', with a stylized flourish at the end.

Puput Tri Hantoro

NIM. 202115015

DAFTAR ISI

PERNYATAAN ORISINILITAS TUGAS AKHIR.....	ii
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR ..	iii
LEMBAR PENGESAHAN..	iv
NOTA KONSULTAN.....	v
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	4
1.3. Batasan Masalah	4
1.4. Tujuan Penelitian	5
1.5. Manfaat Penelitian	5
1.5.1. Bagi Penyortir.....	5
1.5.2. Bagi Peneliti.....	5
1.5.3. Bagi Intitusi	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Sortasi	6
2.2 Arduino.....	8
2.3 Sensor Load Cell	9
2.4 Sensor Warna.....	10
2.5 Definisi Ergonomi	11
2.6 Analisis Ergonomi	12
2.7 Definisi Biomekanika Kerja.....	12
2.8 Faktor dalam Biomekanika	12
2.9 Nordic Body Map	14
2.10 Work Related-Musculoskeletal Disorder (WMSDs)	15

2.11	Faktor-Faktor Risiko Kerja	15
2.12	Metode Penilaian Risiko Kerja <i>Rapid Upper Limb Assessment</i>	17
2.13	Pengertian Antropometri	22
2.14	Data Antropometri dan Cara Pengukurannya.....	23
2.15	Pengujian Data.....	26
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		27
3.1	Tempat dan Waktu Penelitian	27
3.2	Bahan dan Alat	27
3.3	Prosedur Penelitian	29
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		37
4.1	Deskripsi Mesin Sortasi Tomat Berbasis Arduino.....	37
4.2	Aspek Ergonomi pada Mesin Sortasi Tomat Berbasis Arduino	38
4.2.1	Analisis Gerak	38
4.2.2	Analisis Postur.....	40
4.2.3	Analisis Lingkungan Kerja.....	41
4.2.4	Analisis Antar Muka	42
4.2.5	Analisis Kinerja <i>Prototype</i> Mesin Sortasi Tomat	44
4.3	Pengambilan Data	44
4.3.1	Pengujian Metode RULA pada Operator Mesin Sortasi Tomat	44
4.3.2	Penilaian Postur Tubuh Operator dengan RULA.....	45
4.3.3	Pengumpulan Data Nordic Body Map	46
4.3.4	Analisa Antropometri.....	49
4.4	Uji Normalitas Data	51
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		61
5.1	Kesimpulan	61
5.2	Saran	62
DAFTAR PUSTAKA		64

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Sortasi Tomat	1
Gambar 2. Kegiatan sortasi dan grading sayuran secara manual	6
Gambar 3. Sortasi menggunakan mesin sederhana.....	7
Gambar 4. Sortasi menggunakan mesin modern	7
Gambar 5. Arduino	8
Gambar 6. Sensor Load Cell	10
Gambar 7. Sensor Warna	11
Gambar 8. RULA <i>Employee Assesment Worksheet</i>	17
Gambar 9. Analisa lengan dan pergelangan RULA	18
Gambar 10. Nilai Grup A pada RULA	19
Gambar 11. Analisa Leher, punggung dan kaki RULA.....	20
Gambar 12. Nilai Grup B pada RULA.....	21
Gambar 13. Nilai Grup C pada RULA.....	22
Gambar 14. Dimensi Antropometri Tubuh Manusia	24
Gambar 15. Kurva Distribusi Normal	25
Gambar 16. Rancangan Prototype Mesin Sortasi Tomat	32
Gambar 17. Diagram Alir Prosedur Penelitian	36
Gambar 18. Prototype Mesin Sortasi Tomat Berbasis Arduino.....	38
Gambar 19. Operator Melakukan Uji Coba Prototype Mesin Sortasi Tomat.....	45
Gambar 20. Penilaian RULA pada operator	45
Gambar 21. Total Skor Otot Sebelum Rancang Bangun Mesin Pengiris Ubi	47
Gambar 22. Analisis Data Frekuensi Kemudahan Mesin Sortasi Tomat.....	54
Gambar 23. Analisis Data Presentase Kemudahan Mesin Sortasi Tomat	54
Gambar 24. Analisis Data Frekuensi Keamanan Mesin Sortasi Tomat.....	55
Gambar 25. Analisis Data Presentase Keamanan Mesin Sortasi Tomat.....	56
Gambar 26. Analisis Data Frekuensi Kenyamanan Mesin Sortasi Tomat.....	58
Gambar 27. Analisis Data Presentase Kenyamanan Mesin Sortasi Tomat.....	58

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Distribusi Normal dan Perhitungan Persentil	26
Tabel 2. Spesifikasi <i>Protoype</i> Mesin Sortasi	28
Tabel 3. Data Antropometri yang digunakan	46
Tabel 4. Data Antropometri yang digunakan	46
Tabel 5. Hasil Perhitungan Persentil	48
Tabel 6. Hasil Perhitungan Persentil	48
Tabel 7. Uji Kolmogrov Smirnov	51
Tabel 8. Interpretasi Skor	53

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Tomat adalah salah satu tipe tumbuhan hortikultura mempunyai banyak khasiat serta komoditas multiguna. Tomat mempunyai isi vit A, vit C, serta mineral. Tomat bisa dimanfaatkan buat bermacam keperluan mulai dari selaku sayur- mayur, buah meja, bumbu masak, penambah nafsu makan, minuman, bahan perona santapan, apalagi bisa digunakan selaku bahan bawah pembuatan kosmetik serta obat- obatan (Marliah, 2012).



Gambar 1. Sortasi secara manual

Tomat adalah sayur- mayur buah yang berbagai klasifikasinya mulai dari dimensi buah, wujud buah, warna buah, tekstur buah, rasa buah, ataupun isi buahnya yang bisa pengaruhi kualitas buah tersebut. Pemanenan tomat pada biasanya dicoba kala tomat berumur 70- 90 hari sehabis pindah tanam serta sudah penuhi kriteria panen. Panen tomat biasanya tidak dicoba sekalian tetapi bertahap antara 3- 5 hari sekali sebab tingkatan kematangan tomat dalam satu tumbuhan tidak seragam (Adnan, 2012).

Berdasar BSN (1992) pengelompokan buah tomat segar dapat dibagi berdasar ukurannya yaitu besar adalah berat tomat lebih dari 150 gram/buah, sedang adalah berat tomat antara 100 – 150 gram/buah dan kecil adalah berat tomat kurang dari 100 gram/buah. Proses sortasi bertujuan untuk menentukan klasifikasi komoditas berdasarkan mutu yang sejenis (Badan Standarisasi Nasional., 1992).

Pasca proses pemanenan berakhir para petani melaksanakan proses penyortiran buat memilah kualitas buah tomat yang baik. Produksi dan penyortiran tomat yang efisien menjadi faktor krusial dalam memenuhi permintaan pasar yang terus meningkat (Saragih, 2018). Namun, proses penyortiran tomat secara manual masih banyak dilakukan di sebagian besar daerah penghasil tomat di Indonesia, yang seringkali menghadapi kendala dalam hal produktivitas, kualitas sortasi, dan aspek ergonomi (Munib, 2017).

Sepanjang ini petani melaksanakan penyortiran dicoba secara manual di rumah/ kebun owner komoditi tomat. Banyaknya buah tomat yang wajib disortir memunculkan permasalahan, dilihat dari sisi ergonomi proses penyortiran tomat oleh pekerja secara manual tanpa sandaran punggung, jongkok, ataupun duduk besila di lantai. Posisi kerja tersebut terasa tidak aman dan nyaman untuk pekerja penyortiran tomat sehingga memunculkan rasa sakit pada bagian anggota badan tertentu, sehingga menimbulkan *fatigue* atau keletihan. Maka dari itu dalam proses penyortiran butuh campur tangan teknologi yang tepat guna, salah satunya penciptaan mesin sortasi tomat, tetapi bila dilihat dari sisi ergonomi penyortiran tomat oleh pekerja/ operator, banyak aspek yang butuh dipertimbangkan dalam design/ protoype mesin sortasi antara lain aspek kenyamanan sang operator, ataupun kenyamanan area dekat dalam perihal ini terpaut getaran serta kebisingan (Sudaryanto Z., 2005).

Beberapa penelitian di Indonesia telah dilakukan untuk mengatasi masalah posisi kerja seperti di atas, menurut Ilva et al (2015) dijelaskan jika posisi kerja berulang dan dilakukan dalam waktu yang panjang akan menimbulkan ketegangan otot yang kemudian menimbulkan keluhan pada sistem muskuloskeletal. Di Indonesia, berdasarkan studi oleh Kementrian Kesehatan pada tahun 2005, sebesar 40.5% penyakit yang diderita oleh pekerja adalah terkait dengan pekerjaannya. Dari studi yang dilakukan pada 482 pekerja di 12 kabupaten di Indonesia, gangguan muskuloskeletal merupakan penyakit terkait kerja yang paling banyak, yakni sekitar 16%.

Salah satu keluhan yang umum dijumpai adalah Low Back Pain (LBP) atau nyeri punggung bawah. Nyeri punggung bawah merupakan nyeri pada punggung bagian bawah yang diakibatkan oleh berbagai kelainan muskuloskeletal,

gangguan psikologis, dan mobilisasi yang kurang baik. Nyeri punggung bawah terjadi karena pada posisi duduk, pembebanan vertebra menjadi tiga kali lipat dibandingkan dengan posisi berdiri. Pada umumnya sekitar 80% populasi akan menderita setidaknya satu episode nyeri punggung bawah sepanjang hidupnya. Menurut studi yang dilakukan oleh Bergquist-Ullman dan Larsson, sebanyak 217 pekerja yang terkena serangan akut nyeri punggung bawah akan mengalami rekurensi sebesar 62% dalam satu tahun dan 18% dalam dua tahun. Persentase pasti kejadian nyeri punggung bawah tidak pernah ditentukan di sebagian besar negara, begitu pula di Indonesia, akan tetapi diperkirakan 40% penduduk Jawa Tengah berusia diatas 65 tahun pernah menderita nyeri punggung, dengan prevalensi pada laki-laki sebesar 18,2% dan pada wanita 13,6%. Nyeri punggung bawah ini sangat berdampak pada produktivitas pekerja, dalam hal ini pengrajin batik. Menurut sebuah studi pada tahun 2003, disebutkan bahwa pekerja dengan nyeri punggung bawah akan mengalami penurunan produktivitas kerja hingga 60%.

Selain nyeri punggung bawah dapat terjadi pula Cumulative Trauma Disorder (CTD). CTD adalah gangguan umum yang sifatnya kronik dan mengenai jaringan lunak tubuh seperti otot, ligamen, persendian, dan saraf. Salah satu faktor risiko yang dapat menyebabkan CTD antara lain postur kerja yang statis dalam jangka lama. Pada pengrajin batik dengan masa kerja dan durasi kerja lama, keluhan CTD ini mungkin bisa timbul.

Beberapa penelitian lain sebelumnya juga menjelaskan tentang analisa postur kerja, menurut Haidar et al (2020) dijelaskan Keluhan otot skeletal biasa disebut sebagai penyakit Work Related Skeletal Disorders (WMSDs). WMSDs adalah gangguan atau cedera yang terjadi pada otot, saraf, tendon, sendi, cartilage, dan spinal discus yang bersifat microtraumatic yang terakumulasi di tubuh karena tempat kerja atau postur kerja yang tidak sesuai dengan prinsip biomekanika. Biomekanika merupakan cabang dari keilmuan ergonomi. Biomekanika menjelaskan beban yang dibawa pekerja dan meminimumkannya sehingga dapat mencegah keluhan otot skeletal. Biomekanika juga mengukur kekuatan fisik yang dimiliki pekerja secara mekanis pada saat melakukan aktivitas

dan cara kerja serta fasilitas dan peralatan dirancang agar sesuai dengan kemampuan tubuh manusia ketika melakukan pekerjaan.

Salah satu metode yang tepat untuk mengevaluasi postur kerja adalah Rapid Upper Limb Assessment (RULA). RULA dikembangkan oleh Dr. Lynn Mc Attamney dan Dr. Nigel Corlett yang merupakan ergonom dari universitas di Nottingham (University's Nottingham Institute of Occupational Ergonomics). Pertama kali dijelaskan dalam bentuk jurnal aplikasi ergonomi pada tahun 1993.

Oleh sebab itu penelitian ini bertujuan untuk melengkapi serta mengevaluasi dari Aspek Ergonomi dari Prototype Mesin Penyortir Tomat, sehingga diharapkan kelak saat prototype mesin sortasi dikembangkan, dapat meminimalisir keluhan penyakit akibat kerja secara jangka pendek dan panjang bagi si penyortir kerja, serta sebagai analisa *re-design* alat bantu kerja yang memperhatikan prinsip anthropometri tubuh manusia.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah disebutkan, maka rumusan masalah yang meliputi :

1. Bagaimana tingkat kenyamanan operator dalam menjalankan *prototype* mesin sortasi tomat?
2. Bagaimana rekomendasi terhadap dimensi *prototype* mesin sortasi tomat sehingga sesuai dengan prinsip ergonomi dan anthropometri tubuh manusia?

1.3 Batasan Masalah

Suatu pembatasan masalah jelas diperlukan agar ruang lingkup dalam kegiatan penelitian ini terarah tujuan yang ingin dicapai nantinya. Adapun batasan masalah yang dimaksudkan adalah sebagai berikut :

1. Mengevaluasi aspek ergonomi dari *prototype* mesin sortasi tomat yang sudah dirancang.
2. Pembahasan dan pengolahan data, hanya menggunakan metode RULA dan NBM.
3. Pengambilan data dilakukan dengan merekam, mengambil foto dan observasi yang diambil saat pengoperasian *prototype* mesin sortasi tomat yang sudah dirancang.

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan permasalahan pada penelitian ini, maka tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Mengetahui tingkat kenyamanan pengguna/operator terhadap mesin sortasi tomat.
2. Mengetahui Analisa pengukuran aspek ergonomi dari *prototype* mesin sortasi tomat yang dirancang.

1.5 Manfaat Penelitian

1) Bagi Penyortir/Operator

1. Menurunkan serta meminimalisir kelelahan/cidera/ketidaknyamanan pada penggunaan *prototype* mesin sortasi tomat.
2. Diharapkan dapat memberikan informasi tentang ilmu ergonomi dan antropometri manusia pada penggunaan *prototype* mesin sortasi tomat.

2) Bagi Peneliti

1. Mampu menyelesaikan sebuah alat sebagai syarat menyelesaikan studi S1.
2. Mampu bersaing di dunia kerja dengan bekal pengalaman yang di peroleh di Universitas.
3. Dapat menambah wawasan dan pengalaman langsung tentang cara meningkatkan kemampuan keteknikan.

3) Bagi Universitas

1. Sebagai tolak ukur perkembangan dunia keteknikan mesin di bidang pertanian.
2. Sebagai acuan untuk melihat kesesuaian kurikulum dengan bidang keteknikan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Sortasi

Afrianto dan Eddy (2008) menyatakan bahwa sortasi adalah pemisahan komoditi selama dalam aliran komoditas, misalnya sortasi di lokasi pemanenan yang didasarkan pada jenis, ukuran yang diminta pasar. Pada umumnya proses sortasi masih dengan cara manual menggunakan tenaga manusia dan berdasarkan pengalaman sehingga memerlukan banyak waktu dan tenaga serta memungkinkan hasil yang didapatkan dalam penyortiran tersebut tidak konstan (Afrianto dan Eddy, 2008).

Kegiatan sortasi dan grading bisa dilaksanakan secara manual, menggunakan alat sederhana hingga menggunakan alat yang kompleks, hal ini biasanya tergantung dari jenis komoditas, skala kegiatan, serta sumber daya yang tersedia. Berikut ini disajikan gambar sortasi dan grading sederhana, sedang dan menggunakan mesin (Penanganan Bahan Hasil dan Pertanian, Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia) (Kementerian Pertanian Indonesia, 2013).



Gambar 2. . Kegiatan sortasi dan grading sayuran secara manual



Gambar 3. Sortasi menggunakan mesin sederhana



Gambar 4. Sortasi menggunakan mesin moderen

Tujuan kegiatan Sortasi dan Grading adalah:

- a. Memperoleh kualitas yang lebih baik dan seragam (baik bahan mentah maupun produk akhir yang dihasilkan)
- b. Memberikan standarisasi dan perbaikan cara pengolahan.
- c. Menawarkan beberapa kualitas kepada konsumen dengan harga yang sesuai dengan kualitas atau memberikan harga yang lebih tinggi untuk kualitas yang lebih.

- d. Memisahkan hasil perikanan dan pertanian menurut jenis, ukuran dan tingkat kesegarannya (Murtiningrum, 2016).

2.2. Arduino

Papan mikrokontroler yang memiliki pin *input* dan *output*. Arduino Uno memiliki modul yang berguna untuk menunjang kinerja mikrokontroler, dengan menghubungkan Arduino ke komputer hanya dengan kabel data USB atau mensuplai Arduino dengan adaptor DC atau menggunakan baterai untuk menjalankannya (Arif Aquri Saputra, 2017).

Mikrokontroler adalah suatu rangkaian chip yang memungkinkan untuk memprogram Arduino dan memproses output berdasarkan input yang diberikan. Secara singkat, mikrokontroler ini adalah otak dari Arduino. Ada banyak jenis chip yang digunakan tergantung dari jenis Arduino-nya.



Gambar 5. Arduino

Umumnya Arduino memiliki 14 pin input/output yang terdiri dari :

1. 6 pin dapat digunakan sebagai *output* PWM
2. 6 pin sebagai *analog input*
3. Osilator Kristal 16 MHz
4. Sebuah koneksi USB
5. Sebuah Power Jack
6. Sebuah ICSP *Header*
7. Dan tombol reset

Oleh karena itu arduino uno mampu mensupport mikrokontroler secara mudah terhubung dengan kabel power USB atau kabel *power supply* adaptor AC ke DC maupun dengan *batteray*. Sehingga untuk mendukung mikrokontroler tersebut

bekerja , cukup sambungkan ke *power supply* atau hubungkan melalui kabel USB ke PC, maka Arduino uno telah siap bekerja.

Arduino uno berbeda dengan semua jenis arduino sebelumnya, dimana dalam hal koneksi USB to serial menggunakan fitur IC Atmega8U2, sementara pada board sebelumnya menggunakan chip FDTI driver USB to serial. Arduino Uno R3 merupakan seri terakhir dan terbaru dari seri arduino USB.

2.3. Sensor Load Cell

Load Cell adalah sebuah perangkat uji perangkat listrik yang berfungsi untuk mengubah energi menjadi bentuk energi lainnya, khususnya dalam mengubah gaya menjadi sinyal listrik. Sensor Load Cell, yang dirancang untuk mendeteksi tekanan atau berat suatu beban, umumnya digunakan sebagai komponen utama dalam sistem timbangan digital dan sering diterapkan pada jembatan timbang untuk menimbang berat truk pengangkut bahan baku. Prinsip pengukuran yang digunakan oleh Load Cell didasarkan pada prinsip tekanan.

Sensor Load Cell berperan penting dalam mendeteksi beban atau berat sebuah objek, terutama dalam aplikasi-alat pendeteksi beban seperti timbangan digital. Selain itu, sensor ini juga digunakan dalam jembatan timbang untuk mengukur beban yang dihasilkan oleh truk pengangkut barang. Pengukuran pada Load Cell menggunakan prinsip tekanan untuk mengubah gaya yang diterima menjadi sinyal listrik. Load Cell biasanya memiliki empat kabel dengan warna yang berbeda, masing-masing memiliki fungsi khusus. Kabel merah digunakan sebagai masukan tegangan atau sumber daya positif, kabel hitam sebagai ground atau sumber daya negatif, kabel hijau sebagai keluaran positif, dan kabel putih sebagai keluaran negatif.

Prinsip kerja Sensor Load Cell didasarkan pada elastisitas logam. Ketika salah satu sisi Load Cell ditempatkan pada penyangga dan sisi lainnya diberi beban, akan terjadi gaya pada Load Cell. Gaya yang dihasilkan dalam proses tersebut akan diubah menjadi sinyal listrik oleh pengukur tegangan yang terhubung pada Load Cell (Pranoto, 2020).

Load Cell adalah perangkat transduser yang digunakan dalam teknologi penimbangan. Load Cell berfungsi untuk mengubah gaya yang diterima dari suatu

beban menjadi sinyal listrik yang proporsional. Load Cell umumnya terdiri dari strain gauge, yang terpasang pada elemen elastis seperti logam atau bahan komposit. Ketika beban diterapkan pada Load Cell, elemen elastis akan mengalami deformasi yang akan memengaruhi resistansi strain gauge. Perubahan resistansi ini kemudian dikonversi menjadi sinyal listrik yang dapat diukur dan digunakan untuk menentukan berat atau gaya beban yang diterapkan.

Teknologi Load Cell telah digunakan secara luas dalam berbagai aplikasi penimbangan, seperti industri manufaktur, transportasi, pertanian, dan lain sebagainya. Beberapa jenis Load Cell yang umum digunakan termasuk tipe tegangan (strain gauge), tipe pneumatik, tipe hidrolik, dan tipe elektromagnetik. Setiap jenis Load Cell memiliki karakteristik khusus dan dapat digunakan sesuai dengan kebutuhan aplikasi tertentu.

Sensor Load Cell sangat penting dalam sistem penimbangan digital, di mana ketepatan dan keakuratan pengukuran berat sangat dibutuhkan. Selain itu, penggunaan Load Cell pada jembatan timbang memungkinkan pengukuran berat truk secara akurat dan dapat membantu dalam pengendalian dan pengawasan beban yang diangkut (Belotti, 2015).



Gambar 6. Load Cell

2.4. Sensor Warna

Pada penelitian ini sensor warna yang di gunakan adalah tipe TCS 2300 Sensor warna TCS2300 adalah sensor warna yang sering digunakan pada aplikasi mikrokontroler untuk pendeteksian suatu obyek benda atau warna dari obyek yang di monitor. Sensor warna TCS230 juga dapat digunakan sebagai sensor gerak,

dimana sensor mendeteksi gerakan suatu obyek berdasarkan perubahan warna yang diterima oleh sensor.



Gambar 7. Sensor Warna

Sensor Warna TCS3200 adalah sebuah sensor yang dibangun dengan menggunakan chip sensor TAOS TCS3200 RGB. Sensor warna TCS3200 mampu mendeteksi berbagai jenis warna berdasarkan panjang gelombang. Sensor ini sangat berguna untuk proyek yang melibatkan pengenalan warna, pencocokan warna, pengurutan warna, dan lain sebagainya.

2.5. Definisi Ergonomi

Module Istilah ergonomi mulai dicetuskan pada tahun 1949, akan tetapi aktivitas yang berkaitan dengannya telah bermunculan puluhan tahun sebelumnya. Ergonomi berasal dari bahasa latin yaitu “*Ergon*” dan “*Nomos*” (hukum alam) dan dapat didefinisikan sebagai studi tentang aspek – aspek manusia dalam lingkungan kerjanya yang ditinjau secara anatomi, fisiologi, psikologi, *engineering*, manajemen dan desain atau perancangan (Nurmianto, 1998). Ergonomi berkenaan pula dengan optimasi, efisiensi, kesehatan, keselamatan dan kenyamanan manusia di tempat kerja, di rumah, dan tempat rekreasi.

Secara keilmuan ergonomi dipandang sebagai disiplin keilmuan yang mempelajari manusia dalam kaitannya dengan pekerjaan. Ergonomi adalah cabang ilmu sistematis untuk memanfaatkan informasi-informasi mengenai sifat, merancang suatu system kerja sehingga orang dapat hidup dan bekerja pada sistem tersebut dengan baik, yaitu mencapai tujuan yang diinginkan melalui pekerjaan itu, dengan efektif, nyaman, aman, sehat dan efisien (Serope Kalpakjian and Steven R. Schamid, 2001).

2.6 Analisis Ergonomi

Analisis Ergonomi adalah aplikasi sistematis dari segala informasi yang relevan yang berkaitan dengan karakteristik dan perilaku manusia dalam perancangan peralatan, fasilitas dan lingkungan kerja yang dipakai. Analisis dan kajian ergonomi meliputi hal-hal yang berkaitan, yaitu :

1. Anatomi (struktur), fisiologi (bekerjanya), dan antropometri (ukuran) tubuh manusia.
2. Psikologis yang fisiologis mengenai berfungsinya otak dan sistem syaraf yang berperan dalam tingkah laku manusia.
3. Kondisi kenyamanan pemakai

Ergonomi mempunyai peran yang sangat besar dalam hidup. Hal ini dibuktikan dengan semua alat-alat sehari-hari selalu menerapkan konsep ergonomi. Ergonomi ditetapkan agar konsumen merasa nyaman dan aman dalam melakukan apapun. Dengan adanya rasa nyaman dan aman tersebut maka kekhawatiran akan kesehatan berkurang, sehingga diharapkan produktivitas dapat terjaga bahkan meningkat (Agung Santoso, 2014).

2.7 Definisi Biomekanika Kerja

Chaffin et al. (1999) mendefinisikan biomekanika kerja sebagai disiplin ilmu yang mempelajari interaksi fisik pekerja dengan peralatan, mesinmaupun material dengan tujuan untuk meningkatkan performasi pekerja dengan cara meminimalkan resiko gangguan/keluhan kerangka otot (musculoskeletal disorder).

Biomekanika kerja merupakan disiplin ilmu yang tidak berdiri sendiri, namun merupakan integrasi dari berbagai disiplin ilmu yang bertujuan untuk meminimalkan resiko keluhan kerangka otot manusia yang disebabkan oleh aktivitasnya.

2.8 Faktor dalam Biomekanika

Peter Vi (2000) dalam Tarwaka (2004) menjelaskan bahwa ada beberapa faktor yang dapat menyebabkan keluhan otot rangka (Tarwaka et al, 2004), antara lain :

- a) Peregangan otot berlebihan. Peregangan yang berlebihan (over exertion) biasa dialami oleh pekerja yang melakukan aktifitas kerja yang menuntut kekuatan fisik yang besar. Apabila pekerjaan tersebut sering dilakukan, maka resiko terjadinya keluhan otot akan semakin tinggi, hal yang lebih buruk adalah terjadinya cedera otot skeletal.
- b) Aktifitas berulang. Aktifitas berulang adalah pekerjaan yang dilakukan terus menerus. Efek yang ditimbulkan dari aktifitas berulang tanpa memperoleh kesempatan untuk relaksasi.
- c) Sikap kerja yang tidak alamiah. Sikap kerja tidak alamiah adalah sikap kerja yang menyebabkan posisi-posisi bagian tubuh bergerak menjauhi posisi alaminya. Semakin jauh posisi tubuh dari pusat gravitasi, maka resiko keluhan otot skeletal juga semakin tinggi.
- d) Faktor lainnya :
- Tekanan. Jika terjadi tekanan langsung pada jaringan otot lunak seperti pada saat tangan memegang alat pada waktu yang cukup lama, akan dapat menyebabkan keluhan pada otot.
 - Getaran. Getaran dengan frekuensi tinggi dapat menyebabkan kontraksi otot bertambah. Kontraksi statis ini dapat menyebabkan peredaran darah tidak lancar, penimbunan asam laktat dan berakibat rasa nyeri pada otot.
 - Suhu. Suhu yang dingin dapat menyebabkan kekakuan pada otot sehingga dapat mengurangi kelincahan dan reflek kerja. Suhu yang panas dapat menyebabkan kelelahan.
- e) Faktor Kombinasi
- Resiko terjadinya keluhan otot skeletal akan semakin tinggi dengan meningkatnya tugas yang ditanggung oleh tubuh. Hal yang mempengaruhi faktor kombinasi antara lain :
- Umur
Keluhan otot skeletal biasa dialami oleh orang pada usia kerja (24 - 65 tahun). Biasanya keluhan pertama dialami oleh pekerja usia 35 tahun dan keluhan akan semakin bertambah seiring dengan bertambahnya umur (Guo et al, 1995).

- **Jenis Kelamin**
Jenis kelamin sangat berpengaruh pada beban kerja yang akan diberikan, umumnya beban kerja yang diberikan pada pria lebih besar dibandingkan beban kerja yang diberikan kepada wanita.
- **Kesegaran jasmani**
Pada umumnya, keluhan otot jarang dialami oleh seseorang yang dalam aktifitas kesehariannya mempunyai cukup waktu untuk beristirahat. Sebaliknya, bagi pekerja yang dalam kesehariannya menggunakan tenaga besar serta waktu istirahat yang kurang, akan mengalami resiko keluhan otot. Tingkat kesegaran tubuh yang rendah juga menambah resiko keluhan otot.
- **Kekuatan fisik**
Seperti yang dilaporkan National Institute *Occupational Safety and Health (NIOSH)* menemukan bahwa keluhan punggung yang tajam pada para pekerja yang menuntun pekerjaan otot diatas batas kekuatan otot maksimalnya. Pekerja yang memiliki kekuatan otot rendah beresiko tiga kali lipat mengalami keluhan otot dibandingkan pekerja yang memiliki kekuatan otot yang tinggi (Chaffin, 1979).

2.9 Nordic Body Map

Nordic Body Map (NBM) merupakan metode penilaian yang sangat subjektif, artinya keberhasilan metode ini sangat tergantung dari kondisi dan situasi yang dialami oleh pekerja pada saat dilakukan penilaian dan juga tergantung dari keahlian dan pengalaman observer yang bersangkutan. Namun metode ini telah secara luas digunakan oleh para ahli ergonomi untuk menilai tingkat keparahan gangguan pada sistem muskuloskeletal. Menurut Tarwaka (2010: 339) penilaian dengan menggunakan kuesioner NBM dapat dilakukan dengan berbagai cara, misalnya dengan menggunakan dua jawaban sederhana yaitu “YA” (keluhan rasa sakit pada otot skeletal) dan “TIDAK” (tidak ada keluhan atau tidak ada rasa sakit pada otot skeletal). Tetapi lebih utama untuk menggunakan desain penilaian dengan skoring (misalnya 4 skala likert). Apabila digunakan skoring dengan skala

likert, maka setiap skor atau nilai haruslah mempunyai definisi operasional yang jelas dan mudah dipahami responden.

Menurut Tarwaka (2010: 23) antropometri adalah suatu studi tentang pengukuran yang sistematis dari fisik tubuh manusia, terutama mengenai dimensi bentuk dan ukuran tubuh yang didapat dalam klarifikasi dan perbandingan antropologis.

2.10 Work Related-Musculoskeletal Disorder (WMSDs)

Gangguan pada sistem kerangka otot karena aktivitas pekerjaan dikenal dengan istilah musculoskeletal disorders (MSDs). Musculoskeletal disorders (MSDs) merupakan gangguan/kerusakan yang terjadi pada sistem kerangka otot, baik pada bagian otot rangka maupun pada tulang rangka, yang biasanya terjadi karena kesalahan sikap (*posture*) kerja, penggunaan tenaga berlebih (*overexertion*), peregangan berlebihan (*overstretching*) atau penekanan lebih (*overcompression*) dan lainnya.

Gangguan/kerusakan pada otot dapat berupa ketegangan otot, inflamasi, dan degenerasi, biasanya terjadi bagian otot, syaraf, tendon, persendian, dan lainnya. Sedangkan pada tulang dapat berupa memar, patah, dan lainnya (Bagus Setiawan, 2018).

Musculoskeletal disorders (MSDs) dapat disebabkan juga oleh :

- a. Kelelahan dan keletihan terus menerus yang disebabkan oleh frekuensi atau periode waktu yang lama dari usaha otot, dihubungkan dengan pengulangan atau usaha yang terus menerus dari bagian tubuh yang sama meliputi posisi tubuh yang statis.
- b. Gangguan/kerusakan tiba-tiba yang disebabkan oleh aktivitas yang sangat kuat/berat atau pergerakan yang tak terduga.

2.11 Faktor-Faktor Risiko Kerja

Menurut penelitian Bagus Setiawan (2018) Faktor-faktor risiko kerja terdiri dari :

1) *Postural Stress*

Stres pada tubuh karena sikap (*posture*) kerja yang salah/tidak normal

biasanya terjadi pada saat pekerja mengerahkan usaha/menyesuaikan tubuhnya pada pekerjaan, sehingga terjadi peregangan berlebihan (*overstretching*) atau penekanan lebih (*overcompression*) pada jaringan tubuh (syaraf, tendon, dan lainnya).

2) *Forceful Exertion*

Pengerahan tenaga berlebih biasanya dilakukan dalam menahan peralatan kerja atau material kerja yang berat atau dalam menyelesaikan pekerjaan yang membutuhkan usaha yang berlebih (menarik, mendorong, dll) sehingga menimbulkan beban pada sistem *musculoskeletal* dan dapat menyebabkan deformasi jaringan, peningkatan kebutuhan energi, peningkatan risiko kelelahan pada bagian tubuh tertentu serta risiko cedera pada otot, tendon dan syaraf.

3) *Repetitive Exertions*

Suatu pekerjaan yang dilakukan berulang, dimana pengulangan gerakan kerja dilakukan dengan pola yang sama dalam waktu yang lama.

4) *Static Exertions*

Bekerja dengan posisi yang sama (tidak bergerak/statis) dalam waktu yang lama

5) *Localized Mechanical Stress*

Tekanan kontak fisik dengan peralatan kerja yang keras atau tajam secara langsung pada syaraf atau tendon, sehingga menyebabkan cedera atau bahkan WMSDs.

6) *Vibration*

Getaran yang dialami tubuh selama bekerja yang diakibatkan oleh peralatan kerja, sehingga menyebabkan gerakan reflek, penurunan sirkulasi darah, kehilangan sensasi pada bagian tubuh tertentu dan lainnya.

7) *Low Temperatur*

Bekerja pada suhu rendah ($< 20^{\circ}$) sehingga menyebabkan penurunan sirkulasi darah dalam otot dan tendon bahkan dapat menyebabkan WMSDs.

2.12 Metode Penilaian Risiko Kerja *Rapid Upper Limb Assessment* (RULA)

Metode Rapid Upper Limb Assessment pertama kali diperkenalkan pada tahun 1993 oleh Dr. Lynn McAtamney. Metode Rapid Upper Limb Assessment (RULA) merupakan metode cepat penilaian postur tubuh bagian atas. Input metode ini adalah postur (telapak tangan, lengan atas, lengan bawah, punggung dan leher), beban yang diangkat, tenaga yang dipakai (statis/dinamis), jumlah pekerjaan. Metode ini menyediakan perlindungan yang cepat dalam pekerjaan seperti risiko pada pekerjaan yang berhubungan dengan *upper limb disorders*, mengidentifikasi usaha yang dibutuhkan otot yang berhubungan dengan postur tubuh saat kerja (penggunaan kekuatan dan kerja statis yang berulang) (McAtamney, et al.,1993)

The image shows a detailed RULA Employee Assessment Worksheet. It is divided into two main sections: A. Arm and Wrist Analysis and B. Neck, Trunk and Leg Analysis. Section A includes steps for locating upper and lower arm positions, adjusting for shoulder and wrist deviations, and determining wrist twist. Section B includes steps for locating neck and trunk positions, adjusting for neck and trunk deviations, and determining leg posture. The worksheet features several tables (Table A, Table B, Table C) for scoring. A final RULA score is calculated based on the scores from these tables. The worksheet also includes diagrams illustrating the various postures and deviations being assessed.

Gambar 8. RULA *Employee Assessment Worksheet*

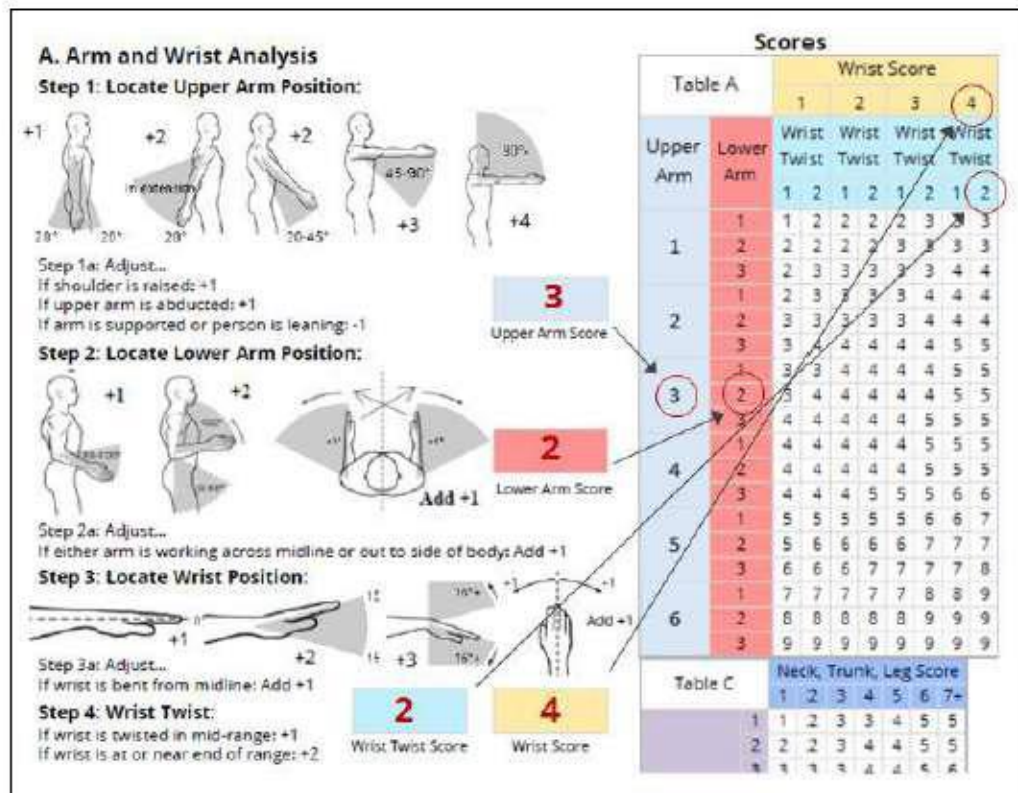
Sumber: (McAtamney, et al.,1993)

Langkah-langkah dan contoh penggunaan RULA

Lembar kerja RULA dibagi menjadi dua bagian yaitu bagian A (lengan dan pergelangan tangan) dan B (leher, punggung, kaki). Pembagian ini dibutuhkan untuk memastikan bahwa setiap postur dibatasi dari leher, punggung dan kaki yang mungkin mempengaruhi postur lengan dan pergelangan tangan yang termasuk dalam penilaian RULA.

Peneliti harus memberi nilai pada grup A (lengan dan pergelangan tangan) terlebih dulu, kemudian nilai untuk grup B (leher, punggung & kaki) untuk kiri dan kanan. Untuk masing-masing bagian tubuh, ada skala pemberian nilai postur dan ada penyesuaian ketentuannya seperti yang diuraikan pada lembar kerja yang perlu dipertimbangkan dan diperhitungkan dalam pemberian nilai.

1. Langkah 1-4: Analisa tangan kanan dan pergelangan.



Gambar 9. Analisa lengan dan pergelangan RULA

Langkah 1. nilai +3 digunakan untuk posisi lengan atas (45 + derajat).

Langkah 2. nilai +2 diberikan untuk posisi lengan bawah (<60 derajat).

Langkah 3. untuk pergelangan adalah +3 untuk pergelangan tangan fleksi (> 15 derajat), dan +1 ditambahkan untuk penyimpangannya.

Langkah 4. untuk pergelangan adalah +2 karena pergelangan tangan dipelintir dekat batas akhir maksimal. Setiap skor harus dilingkari pada Tabel A.

2. Langkah 5-8: Menghitung nilai grup A

A. Arm and Wrist Analysis

Step 1: Locate Upper Arm Position:

Step 1a: Adjust...
 If shoulder is raised: +1
 If upper arm is abducted: +1
 If arm is supported or person is leaning: -1

Step 2: Locate Lower Arm Position:

Step 2a: Adjust...
 If either arm is working across midline or out to side of body: Add +1

Step 3: Locate Wrist Position:

Step 3a: Adjust...
 If wrist is bent from midline: Add +1

Step 4: Wrist Twist:
 If wrist is twisted in mid-range: +1
 If wrist is at or near end of range: +2

Step 5: Look-up Posture Score in Table A:
 Using values from steps 1-4 above, locate score in Table A.

Step 6: Add Muscle Use Score
 If posture mainly static (i.e. held >10 minutes),
 Or if action repeated occurs 4X per minute: +1

Step 7: Add Force/Load Score
 If load < .4 lbs. (intermittent): +0
 If load 4.4 to 22 lbs. (intermittent): +1
 If load 4.4 to 22 lbs. (static or repeated): +2
 If more than 22 lbs. or repeated or shocks: +3

Step 8: Find Row in Table C
 Add values from steps 5-7 to obtain Wrist and Arm Score. Find row in Table C.

Scores

Table A		Wrist Score			
Upper Arm	Lower Arm	Wrist Twist 1	Wrist Twist 2	Wrist Twist 3	Wrist Twist 4
1	1	1	2	2	3
1	2	2	2	2	3
1	3	2	3	3	3
2	1	2	3	3	3
2	2	3	3	3	3
2	3	3	4	4	4
3	1	3	4	4	4
3	2	3	4	4	4
3	3	4	4	4	4
4	1	4	4	4	4
4	2	4	4	4	4
4	3	4	4	4	4
5	1	5	5	5	5
5	2	5	5	5	5
5	3	6	6	6	6
6	1	7	7	7	7
6	2	8	8	8	8
6	3	9	9	9	9

Table C

Wrist / Arm Score	Neck, Trunk, Leg Score						
	1	2	3	4	5	6	7+
1	1	2	3	3	4	5	5
2	2	2	3	4	4	5	5
3	3	3	3	4	4	5	6
4	3	3	3	4	5	6	6
5	4	4	4	5	6	7	7
6	4	4	5	6	6	7	7
7	5	5	6	6	7	7	7
B+	5	5	6	7	7	7	7

Scoring: (final score from Table C)
 1-2 = acceptable posture
 3-4 = further investigation, change may be needed
 5-6 = further investigation, change soon
 7 = investigate and implement change

RULA Score

Gambar 10. Nilai Grup A pada RULA

Langkah 5. Menggunakan nilai dari langkah 1-4, tentukan nilai melalui tabel A.

Langkah 6. Tambahkan skor penggunaan otot. Dalam contoh ini, postur yang tidak berkelanjutan selama lebih dari 10 menit, dan tidak berulang 4x per menit. Oleh karena itu, nilai adalah 0.

Langkah 7. Dalam contoh ini, berat benda >4.4lbs dan berulang. Sehingga, nilainya +2.

Langkah 8. Tambahkan nilai dari langkah 5-7.

3. Langkah 9-11 : Analisa leher, punggung, dan kaki.

B. Neck, Trunk and Leg Analysis

Step 9: Locate Neck Position:

+1 $0-10^\circ$ +2 $10-20^\circ$ +3 20° +4 $>20^\circ$

Neck Score: **3**

Step 9a: Adjust...
 If neck is twisted: +1
 If neck is side bending: +1

Step 10: Locate Trunk Position:

+1 0° +2 $1-20^\circ$ +3 $21-30^\circ$ +4 31°

Trunk Score: **2**

Step 10a: Adjust...
 If trunk is twisted: +1
 If trunk is side bending: +1

Step 11: Legs:
 If legs and feet are supported: +1
 If not: +2

Leg Score: **1**

Table B: Trunk Posture Score

Neck Posture Score	Legs		Legs		Legs		Legs	
	1	2	3	4	5	6	7	8
1	1	2	3	4	5	6	7	8
2	2	3	4	5	6	7	8	9
3	3	4	5	6	7	8	9	10
4	4	5	6	7	8	9	10	11
5	5	6	7	8	9	10	11	12
6	6	7	8	9	10	11	12	13
7	7	8	9	10	11	12	13	14
8	8	9	10	11	12	13	14	15

Gambar 11. Analisa leher, punggung dan kaki pada RULA

Langkah 9. Nilai +3 digunakan untuk posisi leher (> 20 derajat).

Langkah 10. Nilainya +1 karena posisi punggung 0-20 derajat. Setiap nilai kemudian harus dilingkari pada Tabel B.

4. Langkah 12-15 : Menghitung total nilai grup B

B. Neck, Trunk and Leg Analysis

Step 9: Locate Neck Position:

Neck Score: **3**

Step 9a: Adjust...
 If neck is bowed: +1
 If neck is side bending: +1

Step 10: Locate Trunk Position:

Trunk Score: **2**

Step 10a: Adjust...
 If trunk is bowed: +1
 If trunk is side bending: +1

Step 11: Legs:
 If legs and feet are supported: +1
 If not: +2

Table B: Trunk Posture Score

Neck Score	Legs		Legs		Legs		Legs	
	1	2	3	4	5	6	7	8
1	1	2	3	4	5	6	7	8
2	2	3	4	5	6	7	8	9
3	3	4	5	6	7	8	9	10
4	4	5	6	7	8	9	10	11
5	5	6	7	8	9	10	11	12
6	6	7	8	9	10	11	12	13
7	7	8	9	10	11	12	13	14
8	8	9	10	11	12	13	14	15

Step 12: Look-up Posture Score in Table B:
 Using values from steps 9-11 above, locate score in Table B.

Step 13: Add Muscle Use Score
 If posture mostly static (i.e. held 10 minutes), Or if action repeated occurs $4x$ per minute: +1

Step 14: Add Force/Load Score
 If load <math>< 4.4</math> lbs. (intermittent): 0
 If load 4.4 to 22 lbs. (intermittent): +1
 If load 4.4 to 22 lbs. (static or repeated): +2
 If more than 22 lbs. or repeated or shakily: +3

Step 15: Find Column in Table C
 Add values from steps 12-14 to obtain Neck, Trunk and Leg Score. Find Column in Table C: Neck, Trunk, Leg Score

Posture B Score: **3**
 Muscle Use Score: **0**
 Force / Load Score: **2**
5

Gambar 12. Nilai Grup B pada RULA

Langkah 12. Menggunakan nilai dari langkah 9-11, tentukan nilai melalui tabel B.

Langkah 13. Tambahkan skor penggunaan otot. Dalam contoh ini, postur yang tidak berkelanjutan selama lebih dari 10 menit, dan tidak berulang 4x per menit. Oleh karena itu, nilai adalah 0.

Langkah 14. Dalam contoh ini, berat benda >4.4 lbs dan berulang. Sehingga, nilainya +2.

Langkah 15. Tambahkan nilai dari langkah 12-14.

5. Menentukan Nilai Akhir

Gunakan tabel C untuk menentukan hasil akhir RULA seperti tertera dalam gambar berikut :

The image shows a completed RULA Employee Assessment Worksheet. The final RULA score is 7, which is circled in red. The worksheet includes instructions for assessing the upper and lower arms, neck, trunk, and legs, and provides tables for looking up posture scores and adding muscle use and force/load scores.

Table A: Upper and Lower Arm Scores

Upper Arm	Lower Arm	Wrist Score					
		1	2	3	4		
1	1	1	2	2	3	3	3
1	2	2	2	2	3	3	3
1	3	2	3	3	3	3	4
2	1	2	3	3	3	4	4
2	2	3	3	3	3	4	4
2	3	3	4	4	4	4	4
3	1	3	3	3	3	4	4
3	2	3	4	4	4	4	4
3	3	4	4	4	4	4	4
4	1	3	4	4	4	4	4
4	2	4	4	4	4	4	4
4	3	4	4	4	4	4	4
5	1	5	5	5	5	5	5
5	2	5	5	5	5	5	5
5	3	5	5	5	5	5	5
6	1	7	7	7	7	7	7
6	2	8	8	8	8	8	8
6	3	9	9	9	9	9	9

Table B: Neck, Trunk, and Leg Scores

Neck Posture	Trunk Posture Score					Legs Score				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
2	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
3	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
4	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
6	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5

Table C: Final RULA Score

Wrist/Arm Score	Neck, Trunk, and Leg Score			
	1	2	3	4
1	1	2	3	5
2	2	3	4	5
3	3	4	5	6
4	4	5	6	7
5	4	5	6	7
6	5	6	7	7
7	5	6	7	7

Gambar 13. Hasil Akhir Tabel C pada RULA

Nilai Akhir : 7

Dalam contoh ini, skor RULA akhir adalah 7 menunjukkan risiko tinggi dan membutuhkan perubahan metode kerja untuk mengurangi atau menghilangkan risiko MSDs.

2.13 Pengertian Antropometri

Antropometri adalah suatu bagian yang mendukung Ergonomi, terutama dalam perancangan peralatan berdasar prinsip Ergonomi. “Antropometri” berasal dari kata “Antro” yang artinya manusia, dan “Metri” yang artinya ukuran. Sehingga, “Antropometri” adalah ilmu tentang hubungan antara struktur dan fungsi tubuh (termasuk bentuk dan ukuran tubuh) dengan desain alat-alat yang digunakan manusia (Wignjosoebroto, 1995). Sedangkan Niebel (1999) mendefinisikan “Antropometri” sebagai suatu ilmu untuk mengukur tubuh

manusia atau orang (Data antropometri yang berhasil diperoleh akan diaplikasikan secara luas antara lain dalam hal :

1. Perancangan area kerja (*work station*, interior mobil, dan lain-lain).
2. Perancangan peralatan kerja seperti mesin, equipment, perkakas (*tools*) dan lain sebagainya.
3. Perancangan produk konsumtif seperti pakaian, kursi/meja komputer, dan lain-lain.
4. Perancangan lingkungan kerja fisik.

Antropometri pada dasarnya akan menyangkut ukuran fisik atau fungsi dari tubuh manusia, termasuk disini ukuran linier, berat, *volume*, ruang gerak, dan lain-lain. Data antropometri akan sangat bermanfaat dalam perencanaan peralatan kerja atau fasilitas-fasilitas kerja (Niebel, 1999). Anthropometri secara luas akan digunakan sebagai pertimbangan-pertimbangan ergonomis dalam proses perancangan (*design*) produk maupun sistem kerja yang akan memerlukan interaksi manusia. Manusia pada umumnya berbeda-beda dalam hal bentuk dan dimensi ukuran tubuhnya. Beberapa faktor yang mempengaruhi ukuran tubuh manusia, yaitu:

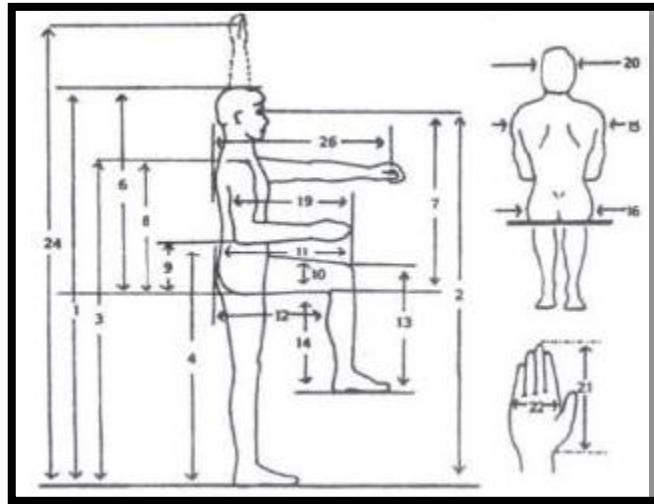
- a. Umur.
- b. Jenis kelamin.
- c. Suku bangsa.
- d. Sosial ekonomi.
- e. Posisi tubuh.

2.14 Data Antropometri dan Cara Pengukurannya

Data antropometri diperlukan agar rancangan suatu produk dapat disesuaikan dengan orang yang akan mengoperasikannya. Ukuran tubuh yang diperlukan pada tidak sulit diperoleh dari pengukuran secara individual. Pengukuran data antropometri dibedakan menjadi dua jenis yaitu:

1. Dimensi tubuh struktural (Antropometri statis) Disini tubuh diukur dalam berbagai posisi standard dan tidak bergerak (tetap tegak sempurna). Istilah lain dari pengukuran tubuh dengan cara ini dikenal dengan "*static anthropometry*". Ukuran dalam hal ini diambil dengan persentil.

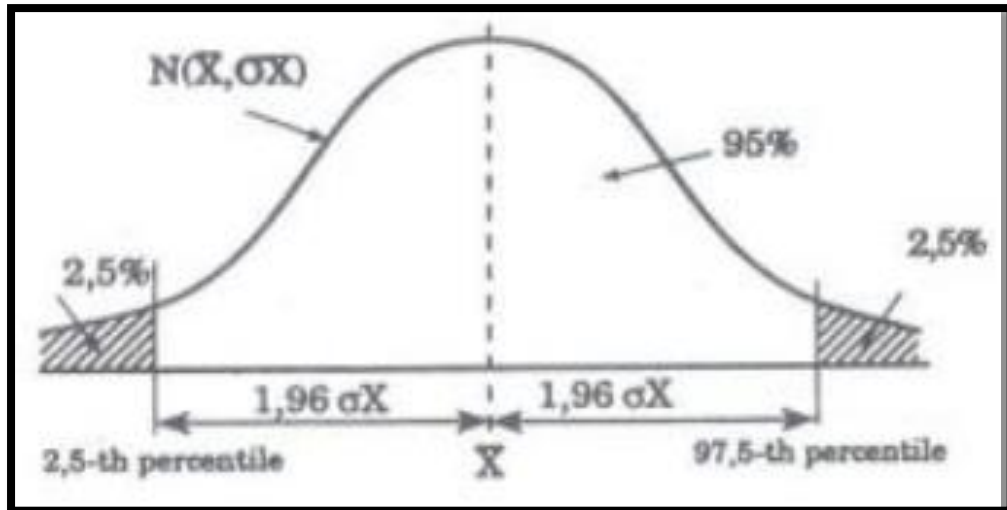
2. Dimensi tubuh fungsional (Antropometri dinamis) Disini pengukuran dilakukan terhadap posisi tubuh pada saat berfungsi melakukan gerakan-gerakan tertentu yang berkaitan dengan kegiatan yang harus diselesaikan.



Gambar 14. Dimensi Antropometri Tubuh Manusia
(Sumber: Wignjosoebroto, 1995)

Secara statistik terlihat bahwa ukuran tubuh manusia pada suatu populasi berada disekitar harga rata-rata, dan sebagian kecil harga ekstrim jatuh di dua sisi distribusi. Perancangan berdasarkan konsep harga rata-rata hanya akan menyebabkan sebesar 50% dari populasi pengguna rancangan yang akan dapat menggunakan rancangan dengan baik. Sedangkan sebesar 50% sisanya tidak dapat menggunakan rancangan tersebut dengan baik. Oleh karena itu tidak dibenarkan untuk merancang berdasarkan konsep harga rata-rata ukuran manusia (Wignjosoebroto, 2000).

Untuk itu dilakukan perancangan yang berdasarkan harga tertentu dari ukuran tubuh .Sebagian besar data Antropometri dinyatakan dalam bentuk persentil. Persentil merupakan suatu nilai yang menyatakan bahwa persentase tertentu dari sekelompok orang yang dimensinya sama dengan atau lebih rendah dari nilai tersebut. Misalnya 95% dari populasi adalah sama atau lebih rendah dari 95 persentil, dan 5% dari populasi berada sama dengan atau lebih rendah dari 5 persentil.



Gambar 15. Kurva Distribusi Normal
(Sumber: Wignjosoebroto, 1995)

Dalam statistik, distribusi normal dapat diformulasikan berdasarkan harga rata-rata dan simpangan standarnya dari data yang ada. Dari nilai yang ada tersebut, persentil dapat ditetapkan sesuai dengan tabel probabilitas distribusi normal. Persentil yang dimaksudkan di sini adalah suatu nilai yang menunjukkan prosentase tertentu dari orang yang memiliki ukuran pada atau di bawah nilai tersebut. Sebagai contoh, 95-th persentil akan menunjukkan 95% populasi akan berada pada atau di bawah ukuran tersebut; sedangkan 5-th persentil akan menunjukkan 5% populasi akan berada pada atau di bawah ukuran itu. Dalam antropometri, angka 95-th akan menggambarkan ukuran manusia yang “terbesar” dan 5-th persentil menunjukkan ukuran “terkecil” (Wignjosoebroto, 1995).

Dalam konsep persentil ini ada dua konsep yang perlu dipahami. Pertama, persentil antropometri pada individu hanya didasarkan pada satu ukuran tubuh saja, seperti tinggi berdiri atau tinggi duduk. Kedua, tidak ada orang yang disebut sebagai orang persentil ke-90 atau orang persentil ke-5. Artinya, orang yang memiliki persentil ke-50 untuk tinggi duduk mungkin saja memiliki dimensi persentil ke-40 untuk tinggi popliteal atau persentil ke-60 untuk tinggi siku duduk. (Sritomo Wignjosoebroto, 2000) Nilai persentil yang umum diaplikasikan dalam perhitungan data antropometri dapat dilihat pada Tabel 1 berikut ini :

Tabel 1. Distribusi Normal dan Perhitungan Persentil

<i>Percentile</i>	Perhitungan
1-st	$\bar{X} - 2,325\sigma_{\%}$
2,5-th	$\bar{X} - 1,96\sigma_{\%}$
5-th	$\bar{X} - 1,64\sigma_{\%}$
10-th	$\bar{X} - 1,28\sigma_{\%}$
50-th	\bar{X}
90-th	$\bar{X} + 1,28\sigma_{\%}$
95-th	$\bar{X} + 1,64\sigma_{\%}$
97-th	$\bar{X} + 1,96\sigma_{\%}$
99-th	$\bar{X} + 2,325\sigma_{\%}$

(Sumber :(Wignjosoebroto, 2000))

2.15 Pengujian Data

Uji normalitas dilakukan dengan menggunakan software SPSS 11. Dalam pengujian menggunakan uji Kolmogorov-Smirnov Z, adapun prosedur pengujian adalah sebagai berikut : (Agung Santoso, 2014)

Hipotesis:

H0 : Data berdistribusi normal

H1 : Data tidak berdistribusi normal

Statistik uji : Uji Kolmogorof-Smirnov

$\alpha = 0,05$

pengambilan keputusan:

Data berdistribusi normal jika Sig. > α

Data tidak berdistribusi normal jika Sig. < α

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Perancangan dan pembuatan alat ini dilakukan di Laboratorium Konversi Energi dan Merancang Mesin, Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri Universitas Nahdlatul Ulama Al Ghazali selama kurang lebih 8 bulan yang dimulai dari Bulan Oktober 2022 sampai Mei 2023. Untuk jadwal kegiatan terlampir pada Lampiran 1.

3.2 Alat dan Bahan

a. Alat

Alat yang digunakan pada penelitian ini dibagi 2, untuk alat sortasi adalah 1 set *prototype* mesin sortasi tomat berbasis Arduino dan pengamatan berupa alat tulis.

Berikut spesifikasi penjelasan untuk *prototype* mesin sortasi tomat berikut :

- Spesifikasi Alat Sortasi Berbasis Arduino Uno

- 1) Spesifikasi Hardware:

- a. Arduino Uno digunakan sebagai mikrokontroler utama pada alat sortasi. Arduino Uno memberikan kemampuan pemrograman dan memiliki pin I/O yang cukup untuk mengendalikan komponen lainnya.
- b. Sensor Load Cell digunakan untuk mendeteksi tekanan atau berat tomat yang akan disortasi. Sensor ini merupakan komponen utama dalam sistem timbangan digital dan dapat diterapkan pada jembatan timbangan
- c. Motor DC digunakan untuk menggerakkan mekanisme pemisah pada alat sortasi. Motor ini dapat dikendalikan melalui Arduino Uno untuk memindahkan tomat ke jalur yang sesuai dengan klasifikasinya
- d. Konveyor merupakan jalur bergerak yang mengalirkan tomat ke dalam alat sortasi. Konveyor akan membawa tomat secara terus-menerus untuk diambil dan disortasi secara otomatis
- e. LED Indikator digunakan sebagai tanda visual untuk menunjukkan hasil sortasi tomat. Setiap jalur klasifikasi akan dilengkapi dengan LED indikator yang sesuai dengan hasil sortasi (Belotti, 2015).

2) Spesifikasi Software:

- a. Program Arduino digunakan untuk mengontrol operasi alat sortasi, membaca data dari sensor Load Cell, menggerakkan motor DC, dan mengendalikan LED indikator. Program ini akan dikembangkan menggunakan bahasa pemrograman Arduino.
- b. Algoritma Sortasi akan diimplementasikan dalam program Arduino untuk menentukan jalur yang harus dipilih berdasarkan berat tomat yang terdeteksi oleh sensor Load Cell. Algoritma ini dapat disesuaikan dengan kriteria sortasi yang diinginkan.

Dengan spesifikasi hardware dan software yang telah disebutkan, alat sortasi berbasis Arduino Uno dapat diimplementasikan untuk mengotomatisasi proses sortasi tomat sesuai dengan kriteria yang ditentukan. Tabel 2 menunjukkan spesifikasi yang digunakan pada penelitian ini.

Tabel 2. Spesifikasi Prototype Mesin Sortasi

No	Keterangan	Spesifikasi
1	Nama Mesin	Alat Sortasi Buah
2	Tegangan kerja	5 Volt
3	Daya	15 Watt
4	Sensor	Berat (Loadcell)
5	Dimensi	1500 mm x 200 mm x 610 mm
6	Kapasitas Mesin	buah/jam

b. Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah tomat yang dibeli dipasar tradisional disekitar wilayah Kampus UNUGHA CILACAP.

3.3 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian yang dilakukan pada penulisan ini terdiri dari beberapa tahapan sebagai berikut:

1. Tahap Identifikasi Kebutuhan Ergonomi
2. Tahap Perancangan alat dengan aspek ergonomi
3. Tahap Implementasi Pengukuran Ergonomi
4. Tahap Evaluasi Kinerja Ergonomi
5. Tahap Analisis Data

Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif, dengan pendekatan analisis terhadap tingkat kenyamanan operator dalam mengoperasikan *prototype* mesin sortasi. Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini adalah studi kepustakaan, observasi dan interview serta kuisioner. Gambar 11 menunjukkan diagram alir prosedur penelitian.

Penjelasan tahap – tahap prosedur penelitian yaitu :

1) Tahap Analisis Kebutuhan Ergonomi

Pada tahap analisis kebutuhan ergonomi, dilakukan identifikasi faktor-faktor ergonomi yang perlu diperhatikan dalam desain alat sortasi tomat. Beberapa faktor ergonomi yang relevan dalam penelitian ini antara lain:

- a. Postur Kerja : Melibatkan penilaian terhadap postur kerja yang optimal bagi operator saat menggunakan alat sortasi tomat. Hal ini termasuk ketinggian dan sudut kerja yang nyaman agar operator tidak mengalami kelelahan atau cedera.
- b. Kekuatan Fisik : Menganalisis kekuatan fisik yang diperlukan oleh operator dalam menggunakan alat sortasi tomat. Tujuan dari analisis ini adalah untuk memastikan bahwa kekuatan yang diperlukan sesuai dengan kemampuan operator sehingga dapat mengurangi risiko cedera.
- c. Antarmuka Pengguna : Memperhatikan antarmuka pengguna pada alat sortasi tomat. Desain antarmuka pengguna harus intuitif, mudah dipahami, dan nyaman digunakan oleh operator.

2) Tahap Perancangan alat dengan aspek ergonomi

Tahap perancangan alat sortasi tomat dengan memperhatikan aspek ergonomi dilakukan setelah analisis kebutuhan ergonomi selesai. Pada tahap ini,

beberapa langkah detail yang diambil untuk memastikan desain alat memenuhi persyaratan ergonomi adalah sebagai berikut:

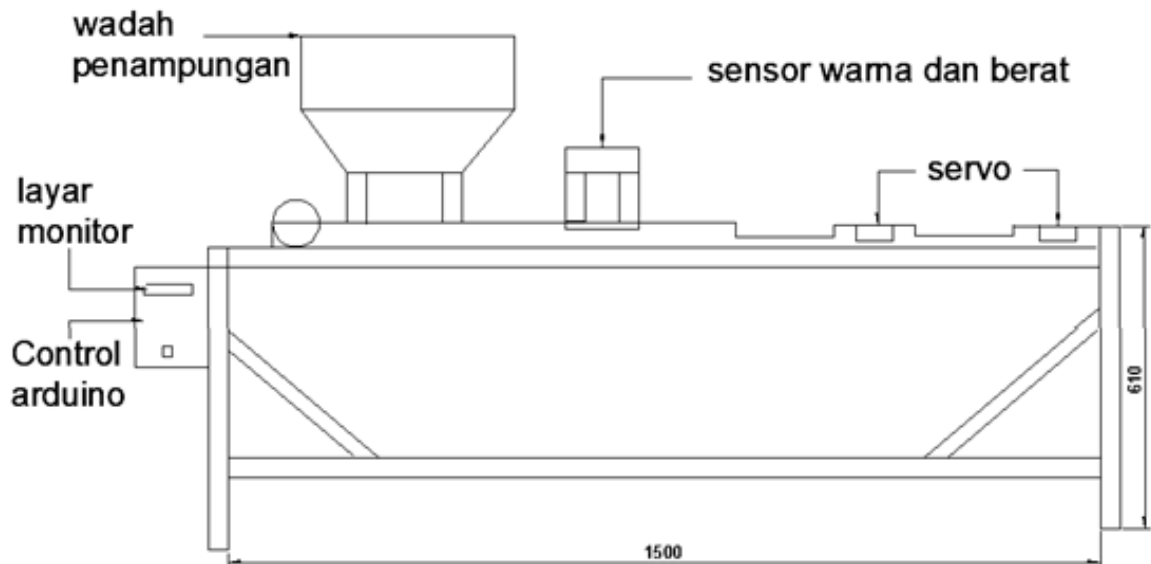
- a. Identifikasi Faktor Ergonomi yang Perlu Diperhatikan: Berdasarkan analisis kebutuhan ergonomi sebelumnya, faktor-faktor ergonomi yang relevan diidentifikasi dan diperhatikan dalam perancangan alat sortasi tomat. Hal ini meliputi aspek postur kerja, kekuatan fisik, dan antarmuka pengguna.
- b. Penggunaan Prinsip Ergonomi dalam Desain: Prinsip-prinsip ergonomi, seperti prinsip antropometri (ukuran tubuh manusia) dan biomekanika (kajian gerakan manusia), diterapkan dalam perancangan alat. Misalnya, desain alat sortasi tomat harus memperhitungkan ukuran tubuh operator, agar dapat disesuaikan dengan postur kerja yang nyaman. Selain itu, ergonomi juga diperhatikan dalam pemilihan material yang sesuai agar alat nyaman digunakan dan tidak menyebabkan cedera.
- c. Prototipe dan Pengujian: Setelah desain awal alat sortasi tomat selesai, dibuat prototipe untuk menguji kelayakan ergonominya. Pengujian melibatkan partisipasi operator dalam menggunakan prototipe alat dan memberikan umpan balik terkait kenyamanan, keefektifan, dan keamanan penggunaan. Hasil pengujian digunakan untuk melakukan iterasi dan perbaikan desain alat hingga mencapai tingkat ergonomi yang diinginkan.

3) Tahap Implementasi Pengukuran Ergonomi

Setelah tahap perancangan alat dengan memperhatikan aspek ergonomi selesai, dilanjutkan dengan tahap implementasi pengukuran ergonomi. Pada tahap ini, pengukuran dilakukan untuk mengevaluasi kinerja ergonomi alat sortasi tomat yang telah dirancang. Beberapa langkah detail yang diambil dalam tahap ini adalah sebagai berikut:

- a. Pemilihan Metode Pengukuran Ergonomi: Metode pengukuran ergonomi yang sesuai dipilih berdasarkan karakteristik alat sortasi tomat dan tujuan penelitian. Metode yang umum digunakan dalam pengukuran ergonomi meliputi pengukuran antropometri, pemantauan postur kerja, analisis gerakan tubuh, dan evaluasi beban kerja.

b. Pengumpulan Data Pengukuran: Data pengukuran ergonomi dikumpulkan dengan menggunakan instrumen atau perangkat yang sesuai dengan metode yang dipilih. Misalnya, pengukuran antropometri dilakukan dengan menggunakan alat pengukur antropometri yang akurat dan mengikuti prosedur standar. Selama pengumpulan data, operator yang menggunakan alat sortasi tomat diamati secara langsung untuk mengidentifikasi potensi masalah ergonomi yang mungkin terjadi. Setelah alat selesai dirancang dan dibangun, maka tahapan awal dalam melakukan penelitian adalah tahap uji coba untuk memastikan setiap komponen dalam unit tersebut berfungsi sebagaimana mestinya, setelah dipastikan berfungsi sebagaimana mestinya selanjutnya proses pengambilan data pada penelitian ini, penulis akan melakukan pengambilan data yang akan dilakukan di Kampus Unugha dengan metode kuesioner terhadap mahasiswa Unugha. Metode pengambilan sampel responden yaitu dengan metode random sampling, random sampling termasuk kepada teknik pengambilan sampel *probability sampling*, jadi semua anggota populasi mempunyai kesempatan sama untuk dijadikan sample, salah satu teknik *probability sampling* itu adalah *simple random sampling*, syarat untuk dilakukan *simple random sampling* adalah populasi harus bersifat homogen atau sama sifat karakteristiknya. selain itu studi literatur dengan mencari berbagai acuan baik melalui, buku, jurnal, tugas akhir maupun artikel dengan narasumber yang jelas dan terpercaya dengan tujuan untuk melengkapi literatur mengenai penelitian ini. Dan juga penulis menyiapkan alat dan bahan yang diperlukan dalam penelitian ini untuk mempersiapkan menuju ke tahap selanjutnya.



Gambar 16. Rancangan Prototype Mesin Sortasi Tomat

c. Analisis Data dan Interpretasi: Data yang terkumpul dianalisis untuk mengevaluasi kinerja ergonomi alat sortasi tomat. Metode statistik dan teknik analisis ergonomi yang relevan digunakan untuk menginterpretasi data dan mengidentifikasi potensi perbaikan yang diperlukan. Referensi dari penelitian-penelitian sebelumnya dapat menjadi acuan dalam menganalisis data dan memberikan interpretasi yang tepat.

d. Perbaikan dan Pengoptimalan Ergonomi: Berdasarkan hasil analisis data, langkah-langkah perbaikan dan pengoptimalan ergonomi dilakukan pada desain alat sortasi tomat. Perubahan desain yang diperlukan dapat meliputi penyesuaian ukuran, perbaikan posisi kontrol, atau penggunaan bahan yang lebih ergonomis. Proses ini melibatkan kerjasama antara tim peneliti, perancang, dan operator untuk memastikan perbaikan ergonomi yang efektif.

4) Tahap Evaluasi Kinerja Ergonomi

Setelah tahap implementasi pengukuran ergonomi selesai, tahap selanjutnya adalah evaluasi ergonomi. Evaluasi ini dilakukan untuk mengevaluasi sejauh mana perbaikan ergonomi yang telah dilakukan pada alat sortasi tomat berbasis Arduino Uno telah memenuhi persyaratan ergonomi yang ditetapkan. Berikut ini adalah langkah-langkah detail dalam tahap evaluasi ergonomi:

a. Pengumpulan Data Evaluasi: Data evaluasi ergonomi dikumpulkan melalui berbagai metode seperti observasi langsung, wawancara dengan

operator, dan penggunaan kuesioner. Pengamatan langsung dilakukan untuk mengidentifikasi masalah ergonomi yang masih terjadi selama penggunaan alat sortasi tomat. Wawancara dengan operator bertujuan untuk memperoleh masukan dan umpan balik mengenai pengalaman mereka dalam menggunakan alat. Kuesioner dapat digunakan untuk mengumpulkan data subjektif dari operator terkait kenyamanan, kelelahan, dan kepuasan mereka dalam menggunakan alat.

- b. Analisis Data Evaluasi: Data yang terkumpul dari evaluasi ergonomi dianalisis untuk mengevaluasi sejauh mana perbaikan ergonomi telah berhasil. Metode statistik dan teknik analisis yang relevan digunakan untuk menganalisis data dan mengidentifikasi masalah yang masih perlu diperbaiki. Analisis data ini melibatkan perbandingan antara kondisi sebelum perbaikan dengan kondisi setelah perbaikan ergonomi dilakukan.
- c. Identifikasi Masalah dan Rekomendasi Perbaikan Tambahan: Berdasarkan hasil analisis data evaluasi, masalah ergonomi yang masih terjadi diidentifikasi. Selanjutnya, rekomendasi perbaikan tambahan diusulkan untuk mengatasi masalah tersebut. Rekomendasi perbaikan dapat meliputi penyesuaian desain, modifikasi fitur penggunaan, atau penambahan perlindungan keselamatan.
- d. Implementasi Perbaikan Tambahan: Setelah rekomendasi perbaikan tambahan dihasilkan, langkah-langkah perbaikan tersebut diimplementasikan pada alat sortasi tomat. Proses ini melibatkan kerjasama antara tim peneliti, perancang, dan operator untuk memastikan perbaikan ergonomi yang efektif dan sesuai dengan kebutuhan pengguna.

Tahap evaluasi ergonomi sangat penting dalam memastikan bahwa perbaikan yang dilakukan pada alat sortasi tomat berbasis Arduino Uno telah berhasil meningkatkan faktor-faktor ergonomi yang diinginkan. Dengan mengumpulkan data evaluasi yang komprehensif, menganalisis data dengan tepat, dan mengidentifikasi masalah serta memberikan rekomendasi perbaikan tambahan, diharapkan alat sortasi tomat dapat memberikan pengalaman pengguna yang lebih nyaman, efisien, dan aman.

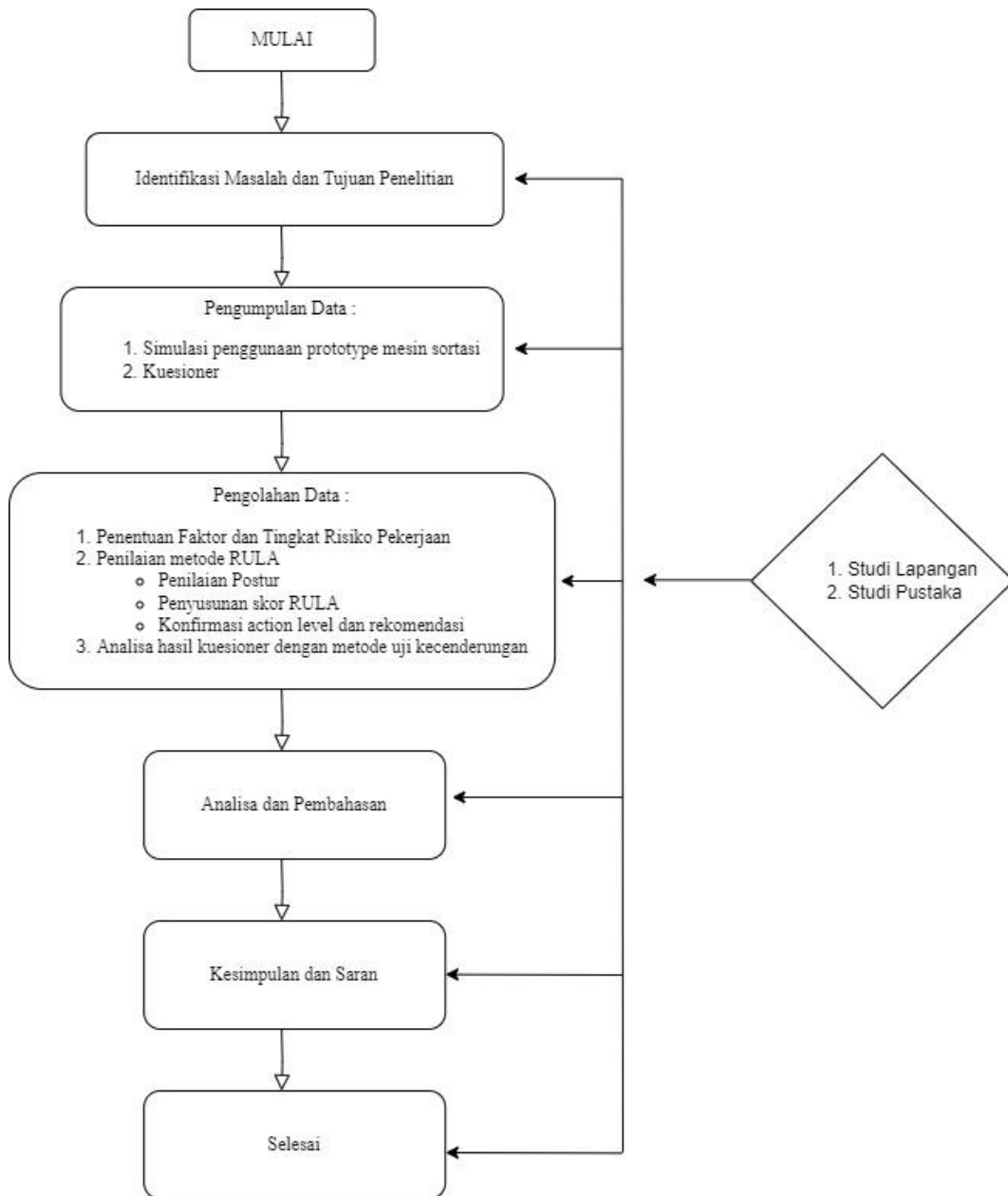
5) Tahap Analisis Data

Setelah data evaluasi ergonomi terkumpul, tahap selanjutnya adalah analisis data. Analisis data bertujuan untuk menginterpretasikan informasi yang diperoleh dari pengumpulan data evaluasi dan mengambil kesimpulan yang relevan terkait dengan aspek ergonomi alat sortasi tomat berbasis Arduino Uno. Berikut ini adalah langkah-langkah detail dalam tahap analisis data:

- a. Pengolahan Data: Data yang terkumpul dari pengumpulan data evaluasi harus diproses sebelum dapat dianalisis. Proses pengolahan data meliputi langkah-langkah seperti pemilahan, penyusunan, dan pengkodean data. Data yang terkumpul dapat berupa data kuantitatif (misalnya, skala penilaian, angka, atau ukuran) dan data kualitatif (misalnya, tanggapan wawancara atau kuesioner). Data tersebut perlu diorganisir agar dapat diinterpretasikan dengan lebih mudah.
- b. Identifikasi Temuan: Setelah data diproses, langkah berikutnya adalah mengidentifikasi temuan atau pola yang muncul dari data tersebut. Temuan ini dapat berupa kecenderungan tertentu, perbedaan signifikan, atau masalah ergonomi yang teridentifikasi. Penggunaan metode analisis yang tepat, seperti analisis statistik atau analisis kualitatif, dapat membantu dalam mengidentifikasi temuan-temuan ini.
- c. Interpretasi dan Kesimpulan: Setelah temuan-temuan diidentifikasi, tahap selanjutnya adalah menginterpretasikan data dan mengambil kesimpulan yang relevan. Interpretasi data melibatkan pemahaman mendalam tentang temuan-temuan yang terkait dengan aspek ergonomi yang diteliti. Kesimpulan yang diambil harus didasarkan pada analisis data yang objektif dan dapat dihubungkan dengan tujuan penelitian serta pertanyaan penelitian yang diajukan.
- d. Diskusi dan Implikasi: Setelah menginterpretasikan data dan menarik kesimpulan, langkah berikutnya adalah melakukan diskusi mengenai temuan-temuan tersebut. Diskusi ini melibatkan pembahasan secara lebih mendalam tentang implikasi temuan-temuan terhadap perbaikan ergonomi alat sortasi tomat berbasis Arduino Uno. Diskusi ini dapat mencakup pemikiran tentang faktor-faktor yang mempengaruhi temuan, kesesuaian

temuan dengan literatur terkait, serta rekomendasi perbaikan yang dapat diimplementasikan.

Tahap analisis data adalah tahap kritis dalam penelitian ergonomi, karena melibatkan pengolahan data yang akurat dan interpretasi yang tepat. Dengan mengikuti langkah-langkah yang sistematis dan menggunakan metode analisis yang relevan, peneliti dapat mengungkapkan temuan yang berharga dan menghasilkan informasi yang bermanfaat dalam mengembangkan perbaikan ergonomi pada alat sortasi tomat berbasis Arduino Uno.



Gambar 17. Diagram Alir Prosedur Penelitian

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Deskripsi Mesin Sortasi Tomat Berbasis Arduino

Mesin sortasi tomat yang dibuat terdiri dari beberapa komponen seperti sensor warna, motor DC, konveyor, dan kontroler Arduino. Penjelasan masing – masing komponen adalah sebagai berikut ini :

1) Sensor Warna

Sensor warna digunakan untuk mendeteksi warna tomat yang melewati sensor tersebut. Sensor warna ini bekerja dengan prinsip pengukuran intensitas cahaya yang dipantulkan oleh permukaan tomat. Informasi mengenai warna yang terdeteksi oleh sensor warna akan digunakan sebagai basis untuk mengklasifikasikan tomat sesuai dengan warnanya.

2) Motor DC

Motor DC merupakan komponen yang bertugas untuk menggerakkan konveyor pada mesin sortasi. Motor DC ini memberikan daya dan putaran yang diperlukan agar konveyor dapat berjalan dengan lancar. Dengan bantuan motor DC, konveyor dapat mengalirkan tomat dari satu titik ke titik lain dalam proses sortasi dengan kecepatan yang sesuai.

3) Konveyor

Konveyor merupakan bagian penting dalam mesin sortasi tomat. Konveyor ini berfungsi sebagai jalur transportasi yang membawa tomat dari awal hingga akhir proses sortasi. Tomat akan dipindahkan secara berurutan melalui konveyor menuju sensor warna untuk mendapatkan identifikasi warna yang akurat. Setelah itu, tomat akan dipindahkan ke tempat yang sesuai dengan warnanya melalui konveyor.

4) Kontroler Arduino

Kontroler Arduino berperan sebagai otak dari mesin sortasi tomat. Kontroler ini mengatur dan mengendalikan seluruh komponen mesin, termasuk sensor warna, motor DC, dan konveyor. Arduino Uno dipilih sebagai kontroler karena memiliki kemampuan pemrograman yang fleksibel dan dapat dihubungkan dengan berbagai komponen lainnya.

Dengan menggunakan program yang telah dikembangkan, kontroler Arduino akan mengontrol aliran tomat, mengolah data dari sensor warna, dan menggerakkan motor DC dan konveyor sesuai dengan hasil analisis warna.

Pengembangan mesin sortasi tomat berbasis Arduino Uno ini dilakukan dengan mempertimbangkan aspek ergonomi dalam perancangan dan pengaturan komponen-komponen mesin. Hal ini bertujuan untuk menciptakan mesin sortasi yang efisien dan nyaman digunakan oleh operator. Gambar 12 Menunjukkan mesin Sortasi Tomat berbasis Arduino



Gambar 18. Prototype Mesin Sortasi Tomat Berbasis Arduino

4.2 Aspek Ergonomi pada Mesin Sortasi Tomat Berbasis Arduino

4.2.1 Analisis Gerak

Pada mesin sortasi tomat berbasis Arduino Uno, aspek ergonomi harus diperhatikan agar mesin tersebut aman dan nyaman digunakan oleh pekerja. Salah satu aspek ergonomi yang perlu diperhatikan adalah analisis gerak, yang dapat membantu mengidentifikasi gerakan berulang yang berisiko menyebabkan cedera pada pekerja. Dalam hal ini, mesin sortasi tomat berbasis Arduino Uno memiliki keunggulan karena pekerja hanya perlu memasukkan tomat ke konveyor pada

awal proses dan memonitor proses sortasi hingga selesai. Oleh karena itu, tidak terdapat gerakan berulang yang berisiko menyebabkan cedera pada pekerja.

Selain itu, aspek ergonomi lainnya yang perlu diperhatikan adalah desain dan penempatan komponen mesin. Desain konveyor dan area tempat pekerja memasukkan tomat ke mesin harus mempertimbangkan tinggi pekerja agar tidak perlu membungkuk atau mengangkat beban berat yang dapat menyebabkan cedera pada punggung atau lengan. Selain itu, panel kontrol yang sering diakses oleh pekerja juga harus ditempatkan pada ketinggian yang mudah dijangkau oleh pekerja.

Mesin sortasi tomat harus dilengkapi dengan sistem pengaman seperti sensor otomatis untuk mencegah kecelakaan saat pekerja memasukkan tangan ke dalam mesin. Penggunaan sistem pengaman ini dapat mengurangi risiko cedera pada pekerja. Selanjutnya, mesin sortasi tomat juga harus memiliki panduan pengoperasian dan perawatan yang jelas dan mudah dipahami oleh pekerja. Hal ini dapat mengurangi risiko kesalahan pengoperasian dan meminimalkan risiko cedera yang disebabkan oleh kesalahan penggunaan mesin.

Untuk mengembangkan analisis gerak pada mesin sortasi tomat, penelitian lain yang relevan dapat menjadi referensi. Sebagai contoh, penelitian oleh Rakhman, dkk. (2020) membahas analisis gerak dan ergonomi pada mesin penggilingan biji kopi (Rakhman, 2020). Sedangkan, penelitian oleh Hidayat, dkk. (2018) membahas desain dan pengembangan mesin sortasi buah naga dengan aspek ergonomi (Hidayat, 2018). Dalam kedua penelitian tersebut, dilakukan analisis gerak dan aspek ergonomi untuk mengoptimalkan desain mesin agar aman dan nyaman digunakan oleh pekerja.

Selain itu, untuk mengoptimalkan aspek ergonomi pada mesin sortasi tomat berbasis Arduino Uno, dapat dilakukan analisis lebih lanjut terhadap faktor-faktor ergonomi yang berpengaruh. Beberapa faktor yang perlu dipertimbangkan adalah postur kerja, kekuatan fisik yang dibutuhkan, jarak dan sudut pandang antara pekerja dengan mesin, serta penggunaan alat bantu atau perangkat pelindung diri yang sesuai.

Penelitian oleh Openshaw (2006), ditemukan bahwa tubuh manusia memiliki suatu selang alami gerakan (SAG) yang mempengaruhi kenyamanan dan produktivitas kerja. SAG yang baik, yang melibatkan variasi gerakan yang cukup, dapat meningkatkan sirkulasi darah, fleksibilitas, dan mengurangi risiko cedera. Oleh karena itu, dalam konteks mesin sortasi tomat berbasis Arduino, penting untuk memperhatikan aspek ergonomi guna menciptakan lingkungan kerja yang memungkinkan pekerja bekerja dengan nyaman dan aman (Openshaw, 2006).

Untuk mencapai kondisi kerja yang ergonomis, pekerja diharapkan menghindari gerakan berulang dan ekstrim dalam SAG mereka selama periode waktu yang lama. Hal ini sejalan dengan penelitian oleh Hignett dan McAtamney (2000) yang menekankan pentingnya variasi gerakan dan istirahat reguler dalam pekerjaan untuk mencegah kelelahan dan cedera akibat gerakan yang berlebihan (Hignett, 2000).

Dalam konteks mesin sortasi tomat, penerapan prinsip ergonomi berarti merancang mesin dengan mempertimbangkan rentang gerakan tubuh manusia yang alami, sehingga pekerja dapat bekerja dengan postur yang nyaman dan beban kerja yang sesuai. Referensi lain yang relevan adalah penelitian oleh Kumar dan Kumar (2018) yang mengemukakan bahwa pemilihan dan penempatan komponen mesin yang tepat dapat mengurangi kelelahan otot dan ketegangan pada tubuh pekerja (Kumar, 2018).

Dengan memperhatikan aspek ergonomi dalam perancangan mesin sortasi tomat berbasis Arduino, pekerja dapat bekerja dengan nyaman dan aman, yang pada gilirannya meningkatkan produktivitas dan kualitas kerja. Selain itu, upaya untuk menciptakan kondisi kerja yang ergonomis juga dapat mengurangi risiko cedera, mengurangi kelelahan, dan meningkatkan kepuasan kerja pekerja (Fathallah, 2019).

4.2.2 Analisis Postur

Dalam mesin sortasi tomat berbasis Arduino, pekerja diharapkan dapat mempertahankan postur yang aman dan ergonomis saat memasukkan tomat ke mesin dan memantau proses sortasi. Sebuah penelitian oleh Tasli dan Kurniawan (2021) menekankan pentingnya pengaturan jarak antara mesin dan pekerja agar

pekerja dapat bekerja dengan nyaman dan aman. Dalam konteks ini, perlu diperhatikan agar pekerja tidak perlu membungkuk terlalu jauh atau merentangkan tubuh dengan posisi yang tidak alami. Penelitian tersebut juga menyebutkan bahwa pengaturan ketinggian dan posisi mesin yang tepat dapat membantu pekerja mempertahankan postur yang ergonomis (Tasli, 2021).

Dengan memperhatikan aspek postur pada mesin sortasi tomat berbasis Arduino, pekerja dapat menghindari risiko kelelahan dan cedera pada bagian tubuh tertentu seperti punggung, leher, dan lengan. Penelitian lain yang relevan adalah studi yang dilakukan oleh Jeyaraj et al. (2017) yang mengidentifikasi bahwa postur yang tidak ergonomis dalam pekerjaan dapat menyebabkan kelelahan otot dan ketidaknyamanan yang dapat mempengaruhi produktivitas kerja (Jeyaraj, 2017).

Oleh karena itu, penting untuk mempertimbangkan desain dan posisi mesin yang memungkinkan pekerja mempertahankan postur yang ergonomis dan menghindari gerakan atau posisi yang membebani tubuh secara berlebihan. Hal ini dapat dicapai melalui pengaturan tinggi dan posisi mesin yang sesuai, desain area kerja yang memungkinkan pekerja berdiri atau duduk dengan nyaman, dan penyediaan fasilitas pendukung seperti kursi yang ergonomis. Dengan demikian, upaya untuk menjaga postur yang ergonomis pada mesin sortasi tomat berbasis Arduino dapat berkontribusi pada peningkatan produktivitas dan kualitas kerja pekerja.

4.2.3 Analisis Lingkungan Kerja

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Ratna Sari (2019), kondisi lingkungan kerja yang baik sangat penting dalam menciptakan kenyamanan bagi pekerja saat melakukan aktivitas di dalam ruangan. Faktor-faktor yang perlu diperhatikan dalam lingkungan kerja fisik meliputi tingkat kebisingan, temperatur, dan pencahayaan. Lingkungan kerja fisik yang optimal memiliki pengaruh yang signifikan terhadap kinerja pekerja dan jalannya proses produksi, serta berpotensi meningkatkan produktivitas kerja (Ratna Sari, 2019).

Mesin sortasi tomat berbasis Arduino dirancang untuk digunakan di lingkungan kerja yang terkontrol, seperti dalam ruangan. Salah satu keunggulan

mesin ini adalah tidak menghasilkan suara atau getaran yang berlebihan, sehingga tidak akan menyebabkan gangguan bagi pekerja maupun lingkungan sekitarnya. Namun, untuk pengembangan ke depan, disarankan agar mesin sortasi tomat berbasis Arduino ditempatkan dalam ruang yang cukup luas dan memiliki intensitas penerangan yang memadai. Hal ini bertujuan untuk meningkatkan kenyamanan bagi pekerja saat melakukan penyortiran tomat dan secara langsung berpotensi meningkatkan produktivitas penyortiran.

Menurut Sudarsono (2017), lingkungan kerja yang baik memiliki peran penting dalam meningkatkan produktivitas kerja dan kesejahteraan pekerja. Salah satu aspek lingkungan kerja yang harus diperhatikan adalah tingkat kebisingan. Kebisingan yang tinggi dapat mengganggu konsentrasi dan meningkatkan risiko stres pada pekerja. Oleh karena itu, penting untuk memastikan bahwa lingkungan kerja mesin sortasi tomat berbasis Arduino memiliki tingkat kebisingan yang rendah atau telah diisolasi dengan baik untuk mengurangi potensi gangguan bagi pekerja (Sudarsono, 2017).

4.2.4 Analisis Antar Muka

Antarmuka pada mesin sortasi tomat berbasis Arduino memegang peranan penting dalam aspek ergonomi. Sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Artawijaya dan Suarjaya (2021), antarmuka tersebut dirancang secara sederhana dan mudah dipahami. Pekerja hanya perlu memasukkan tomat ke konveyor dan memonitor proses sortasi melalui layar yang tersedia. Hal ini menjadikan antarmuka mesin ini dianggap ergonomis, mengingat pekerja tidak memerlukan waktu yang lama untuk mempelajari cara pengoperasian (Artawijaya, 2021).

Antarmuka yang sederhana dan mudah dipahami pada mesin sortasi tomat berbasis Arduino memiliki manfaat yang signifikan. Dalam hal efisiensi dan efektivitas kerja, antarmuka yang user-friendly dapat meningkatkan kinerja pekerja dalam mengoperasikan mesin. Tanpa adanya instruksi yang rumit atau prosedur yang membingungkan, pekerja dapat dengan cepat memahami tugas yang harus dilakukan dan melaksanakannya dengan lancar.

Selain itu, pentingnya antarmuka yang mudah dipahami juga terkait dengan pengurangan risiko kesalahan pengoperasian. Dengan adanya antarmuka yang

intuitif, pekerja dapat menghindari kesalahan yang berpotensi menyebabkan kerusakan pada mesin atau bahkan membahayakan keselamatan mereka sendiri. Dengan demikian, penggunaan antarmuka yang ergonomis pada mesin sortasi tomat berbasis Arduino tidak hanya berkontribusi pada peningkatan produktivitas, tetapi juga menjaga keselamatan pekerja.

Antarmuka pada mesin sortasi tomat berbasis Arduino menjadi fokus utama dalam aspek ergonomi, karena antarmuka yang baik dapat memberikan pengalaman pengguna yang optimal. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Setyawan dan Widayanti (2020), antarmuka yang efektif dan ramah pengguna sangat penting dalam meningkatkan kinerja dan kepuasan pengguna (Setyawan, 2020).

Konteks mesin sortasi tomat, antarmuka yang sederhana dan mudah dipahami memungkinkan pekerja untuk dengan cepat memahami fungsionalitas dan pengoperasian mesin. Ini mengurangi beban kognitif pekerja dan memungkinkan mereka untuk fokus pada tugas-tugas utama, seperti memasukkan tomat ke konveyor dan memantau proses sortasi. Melalui antarmuka yang intuitif, pekerja dapat dengan mudah berinteraksi dengan mesin tanpa perlu menghabiskan waktu yang lama untuk mempelajari instruksi atau prosedur yang rumit.

Penelitian yang dilakukan oleh Lim, et al. (2019) juga menggarisbawahi pentingnya antarmuka yang mudah dipahami dalam konteks ergonomi. Mereka menemukan bahwa antarmuka yang intuitif dan ramah pengguna dapat mengurangi tingkat kelelahan dan stres pada pengguna. Dalam kasus mesin sortasi tomat, antarmuka yang ergonomis dapat membantu mengurangi tekanan mental dan fisik pada pekerja, sehingga meningkatkan kenyamanan kerja dan meminimalkan risiko cedera yang disebabkan oleh kelelahan (Lim, 2019).

Menurut Tilman *et al* (2019), bahwa antarmuka yang ergonomis harus mempertimbangkan aspek visual, taktil, dan auditif. Dalam konteks mesin sortasi tomat, antarmuka harus menyediakan informasi yang jelas dan mudah dibaca pada layar, memiliki tombol atau kontrol yang nyaman dijangkau oleh pekerja, dan memberikan umpan balik yang tepat melalui suara atau lampu indikator. Dengan memperhatikan semua aspek ini, antarmuka pada mesin sortasi tomat berbasis

Arduino dapat memberikan pengalaman pengguna yang optimal dan mendukung kinerja pekerja secara ergonomis (Woodson, 2019).

4.2.5 Analisis Kinerja *Prototype* Mesin Sortasi Tomat

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Junaedi (2023) dalam skripsinya yang berjudul "Prototype Robot Penyortir Tomat Menggunakan Sensor Warna Berbasis Arduino", mesin sortasi tomat berbasis Arduino berhasil mencapai tingkat akurasi sebesar 86,66% dalam melakukan sortasi tomat berdasarkan warna. Penelitian tersebut juga mengungkapkan bahwa mesin ini memiliki tingkat kesalahan sebesar 13,33%. Hasil ini menunjukkan kemampuan mesin dalam mengenali dan memilah tomat dengan tingkat keakuratan yang signifikan.

Selain itu, penelitian yang dilakukan oleh Kaerudin (2023) juga memberikan informasi penting mengenai performa mesin sortasi tomat berbasis Arduino. Dalam penelitiannya, mesin ini mampu memilah sebanyak 947 buah tomat dalam waktu 1 jam, dengan rata-rata waktu pemilahan setiap buah tomat sekitar 3,8 detik. Data ini mengindikasikan bahwa mesin sortasi tomat ini mampu bekerja dengan efisiensi tinggi dalam mempercepat proses sortasi tomat.

Dengan tingkat akurasi yang tinggi dan kemampuan pemilahan yang efisien, mesin sortasi tomat berbasis Arduino ini memberikan kontribusi yang signifikan dalam meningkatkan produktivitas dan efektivitas proses sortasi tomat. Referensi penelitian ini memberikan pemahaman yang lebih komprehensif mengenai kinerja mesin sortasi tomat berbasis Arduino dan menunjukkan bahwa mesin ini dapat diandalkan dalam menyortir tomat secara efisien dan akurat.

4.3 Pengambilan data

4.3.1 Pengujian Metode RULA pada Operator Mesin Sortasi Tomat

Pada proses penelitian ini, data diambil saat operator melakukan uji coba prototype mesin sortasi tomat sebelum melakukan pengisian kuesioner. Pada tahapan ini gerakan operator dalam pemasukan benda uji berupa tomat diamati dalam kondisi membungkuk. Postur kerja seperti itulah yang dapat berpotensi menyebabkan keluhan-keluhan, Selain itu, bagian ini adalah bagian yang mungkin harus mendapatkan perhatian khusus, karena pada gambar tampak bahwa

pekerjaan dilakukan secara berulang-ulang. Perlu adanya perbaikan perlengkapan kerja atau fasilitas kerja untuk mengurangi cedera pada punggung, leher, maupun bagian tubuh lainnya.



Gambar 19. Operator melakukan uji coba prototype mesin sortasi Tomat

4.3.2 Penilaian Postur Tubuh Operator dengan RULA



Gambar 20. Penilaian RULA pada Operator

Untuk penilaian pada operator menggunakan score RULA untuk melakukan penilaian postur tubuh didapatkan score 6. Berdasarkan score tersebut, maka postur tubuh operator berada pada level 3, yaitu resiko sedang, sehingga harus dilakukan perbaikan secepatnya untuk meminimalisir cedera pada operator.

4.3.3 Pengumpulan Data Nordic Body Map

Pada penelitian Evaluasi Aspek Ergonomi pada Prototype Mesin Sortasi Tomat memakai pendekatan *Nordic Body Map* menggunakan data penelitian (Abdul Rahman Saleh, 2017) tentang Rancang Bangun Mesin Pengiris Ubi Kayu Menggunakan Pendekatan *Nordic Body Map* dan Pendekatan Antropometri dikarenakan ada persamaan pada latar belakang dan perumusan masalah yaitu para pengiris ubi kayu melakukan kegiatan berulang dan posisi kerja si pekerja yang kurang nyaman, kemudian diperoleh data dari 6 orang responden yang melakukan pengisian kuesioner pada proses pemotongan ubi kayu di industri rumah tangga jalan Merdeka Selatan kecamatan Sekadau Hilir Kabupaten Sekadau. Data NBM (*Nordic Body Map*) tersebut terdiri atas peta 27 bagian tubuh manusia dan setiap bagian tubuh/otot skeletal mempunyai skor 1-4.

Pengumpulan Data Antropometri pada responden dihasilkan data sebagai berikut :

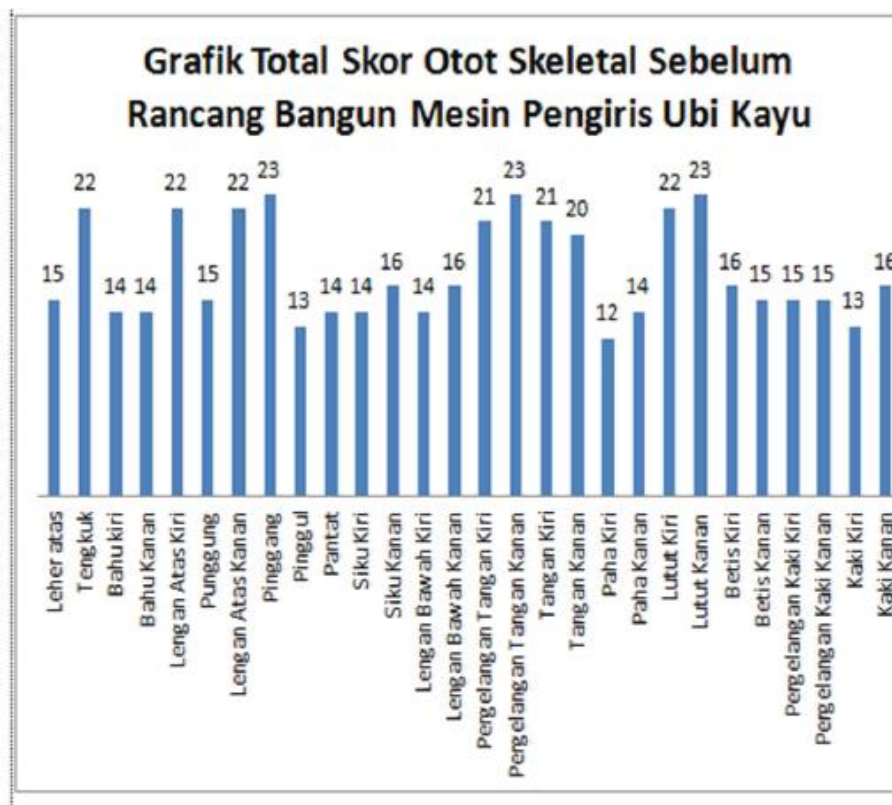
Tabel 3. Data Antropometri yang digunakan

No.	Dimensi Tubuh Yang Diperlukan	Yang Dasar Pengukuran Yang dilakukan
1.	Tinggi Lutut	Diukur dari ujung telapak kaki sampai dengan lutut
2.	Panjang Paha	Diukur dari pantat sampai dengan ujung lutut
3.	Tinggi Bahu	Diukur dari pantat sampai dengan ujung bahu
4.	Tinggi Bahu Duduk	Penjumlahan tinggi bahu dengan tinggi lutut
5.	Lebar Bahu	Diukur dari diujung sebelah kiri sampai dengan ujung bahu

	sebelah kanan
6.	Jangkauan Tangan Kedepan Jarak jangkauan tangan terjulur kedepan diukur dari bahu sampai ujung tangan

Pengolahan data Nordic Body Map (NBM) yaitu menggunakan cara memasukkan semua skor individu pada 4 skala likert dan menjumlah semua skor tersebut serta mencari rata-rata nilai skor yang didapatkan. Dari nilai tersebut dapat diketahui masuk dalam kategori manakah tingkat resiko yang dialami operator tersebut.

Berdasarkan perhitungan kuensioner didapat skor rata-rata yaitu berjumlah 83,5 itu artinya nilai skor dari hasil data 6 responden tersebut masuk dalam tingkat resiko “TINGGI” dengan ketentuan skor yaitu 71-91. Beberapa otot skeletal yang menjadi skor tertinggi dapat dilihat pada grafik dibawah ini. Beberapa otot skeletal yang menjadi skor tertinggi dapat dilihat pada grafik dibawah ini.



Gambar 21. Total Skor Otot Sebelum Rancang Bangun Mesin Pengiris Ubi Kayu

Pengolahan data antropometri yang digunakan adalah berjumlah sebanyak 6 orang karena total dari pekerja yang ada di industri rumah tangga sehingga hasil dapat dilihat pada Tabel 4. Data antropometri yang digunakan sebagai berikut :

No.	Tinggi Lutut	Tinggi Bahu	Tinggi Bahu Duduk	Panjang Paha	Lebar Bahu	Jangkauan Tangan Ke depan
1.	50	54	105	50	43	77.7
2.	50	53	105	45	44.2	75.6
3.	48	47	98	46	40	75
4.	47	48	99	51	42	80
5.	51	50	106	48	46	75.8
6.	45	49	100	44	44	79

Tabel 4. Data antropometri yang digunakan

Perhitungan Persentil dalam penelitian ini menggunakan persentil 5, persentil 50, dan persentil 95. Perhitungan persentil untuk Tinggi lutut adalah sebagai berikut :

$$5^{\text{th}} = X - 1,645 S$$

$$50^{\text{th}} = X$$

$$95^{\text{th}} = X + 1,645 S$$

$$5^{\text{th}} = 48,5 - 1,645 \times 2,304965 = 44,71$$

$$50^{\text{th}} = 48,5$$

$$95^{\text{th}} = 48,5 + 1,645 \times 2,304965 = 52,29$$

Kemudian didapatkan hasil persentil untuk dimensi tubuh dapat dilihat pada Tabel 5. Hasil Perhitungan Persentil sebagai berikut :

Dimensi Tubuh	Data Antropometri		
	5	50	95
Tinggi Lutut	44,71	48,5	52,29
Tinggi Bahu	46,96	50,2	53,38
Tinggi Bahu Duduk	96,04	102,2	108,29
Panjang Paha	42,08	47,3	52,58

Lebar Bahu	39,29	43,2	47,11
Jangkauan Tangan di depan	72,78	77,2	81,59

Tabel 5. Hasil Perhitungan Persentil

Kemudian atas hasil perhitungan persentil di atas diperoleh data desain mesin sebagai berikut :

Dimensi Tubuh	Simbol	Persentil Terpilih			Dimensi Mesin	Ukuran Mesin
		5	50	95		
Tinggi Lutut	TL	44,71	48,5	52,29	Tinggi Dudukan Kursi	45 cm
Tinggi Bahu	TB	46,96	50,2	53,38	Tinggi Sandaran Kursi	53 cm
Tinggi Bahu Duduk	TBD	96,04	102,2	108,29	Tinggi Mesin	97 cm
Panjang Paha	PP	42,08	47,3	52,58	Panjang Dudukan Kursi	43 cm
Lebar Bahu	LB	39,29	43,2	47,11	Lebar Sandaran Kursi	47 cm
Jangkauan Tangan ke Depan	JTK	72,78	77,2	81,59	Lebar dan Panjang Mesin	73 cm

Tabel 6. Hasil Perhitungan Persentil

4.3.4 Analisa Antropometri

Dari data penelitian (Abdul Rahman Saleh, 2017) tentang Rancang Bangun Mesin Pengiris Ubi Kayu Menggunakan Pendekatan *Nordic Body Map* dan

Pendekatan Antropometri, didapatkan analisa dengan pendekatan antropometri sebagai berikut :

- 1) Tinggi dudukan kursi operator, data yang digunakan dalam menentukan tinggi kursi operator yaitu menggunakan dimensi tubuh tinggi lutut. Ukuran tinggi dudukan kursi operator saat mengoperasikan mesin pengiris ubi kayu sangat mempengaruhi kenyamanan posisi kerja pada proses pengirisan ubi kayu. Tinggi dudukan kursi operator tidak boleh terlalu tinggi agar operator yang memiliki tinggi dibawah rata-rata dapat menggunakannya, oleh sebab itu digunakan persentil 5th dengan ukuran 44,71 cm menjadi 45 cm.
- 2) Tinggi sandaran kursi operator, data yang digunakan dalam menentukan tinggi sandaran kursi operator menggunakan dimensi tubuh tinggi bahu. Ukuran tinggi sandaran kursi operator harus nyaman dan ergonomis agar pada saat digunakan dalam waktu yang lama tidak menimbulkan sakit pada bahu dan disekitarnya. Oleh sebab itu tinggi sandaran kursi ini mempertimbangkan data persentil maka digunakan persentil 95th agar operator yang memiliki ukuran dimensi diatas rata-rata nyaman menggunakannya, yakni dengan ukuran 53,38 cm dibulatkan menjadi 53 cm.
- 3) Tinggi Mesin, data yang digunakan dalam menentukan tinggi mesin menggunakan dimensi tubuh tinggi bahu duduk yaitu tinggi lutut ditambah tinggi bahu. Ukuran tinggi mesin harus sesuai dan ergonomis agar pada saat diopeasikan tidak menyebabkan sakit ataupun menyebabkan keluhan pada bagian otot skeletal tertentu, oleh sebab itu ukuran yang diambil yaitu menggunakan persentil 5th agar operator yang memiliki dimensi dibawah rata-rata nyaman menggunakannya dengan ukuran 96,04 dibulatkan menjadi 97 cm.
- 4) Panjang dudukan kursi, data yang digunakan adalah dimensi tubuh panjang paha. Jika ukuran panjang dudukan kursi tidak panjang ini akan menyebabkan operator tidak nyaman dalam penggunaanya dan menyebabkan sakit pada bagian paha sampai pingang, dan jika ukuran dudukan kursi terlalu panjang juga akan mengakibatkan sakit. Oleh sebab itu ukuran panjang dudukan kursi dengan mempertimbangkan panjang paha dengan menggunakan

persentil 5th agar semua dimensi tubuh nyaman pada saat menggunakannya, mendapatkan hasil pengukuran 42,08 cm dandibulatkan menjadi 43 cm.

- 5) Lebar sandaran kursi operator, dimensi tubuh yang digunakan dalam menentukan lebar sandaran adalah lebar bahu. Jika ukuran lebar dudukan kursi tidak panjang ini akan menyebabkan operator tidak nyaman dalam penggunaannya dan menyebabkan sakit pada bagian bahu dan pinggul serta sekitarnya. Karena itu ukuran lebar dudukan kursi dengan mempertimbangkan lebar bahu dengan nilai tertinggi yaitu menggunakan persentil 95th, mendapatkan hasil pengukuran 47,11 cm dan dibulatkan menjadi 47 cm.

4.4 Uji Normalitas Data

Uji normalitas data dilakukan untuk menentukan apakah sampel yang diambil berasal dari populasi yang memiliki distribusi normal (Jansen, 2020). Pada penelitian ini, digunakan metode Kolmogorov-Smirnov untuk menguji normalitas data. Hasil uji normalitas data dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Uji Kolmogorov smirnov

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test		
		Unstandardized Residual
N		45
Normal Parameters ^{a,b}	Mean	.0000000
	Std. Deviation	1.61539013
Most Extreme Differences	Absolute	.077
	Positive	.077
	Negative	-.045
Test Statistic		.077
Asymp. Sig. (2-tailed)		.200 ^{c,d}
a. Test distribution is Normal.		
b. Calculated from data.		
c. Lilliefors Significance Correction.		
d. This is a lower bound of the true significance.		

Berdasarkan hasil analisis menggunakan metode *kolmogorov-smirnov* diperoleh hasil 0.200. Dalam penelitian statistik, Batasan umum untuk tingkat signifikansi adalah 0.05. jika nilai signifikansi > 0.05 maka dapat disimpulkan

bahwa data tidak signifikan secara statistik dan dapat diterima sebagai data yang berdistribusi normal (Santoso, 2018).

Pada penelitian ini hasil uji normalitas data menunjukkan bahwa data yang digunakan dalam penelitian ini memiliki distribusi normal. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa sampel yang diambil berasal dari populasi yang memiliki distribusi normal. Hal ini penting untuk memastikan validitas penggunaan metode statistik yang bergantung pada asumsi distribusi normal, seperti uji parametrik.

Teknik Analisis Data

Dalam penelitian ini, digunakan teknik analisis data yang melibatkan uji kecenderungan. Uji kecenderungan digunakan untuk memberikan gambaran umum mengenai variabel yang diteliti. Langkah-langkah yang dilakukan dalam uji kecenderungan adalah sebagai berikut:

Estimasi rata-rata: Langkah pertama dalam uji kecenderungan adalah menaksir rata-rata dari jumlah skor yang diperoleh. Estimasi ini dilakukan untuk memperoleh gambaran umum mengenai tingkat kecenderungan variabel yang diamati.

Perbandingan dengan skor ideal: Setelah rata-rata diestimasi, dilakukan perbandingan dengan skor ideal yang telah ditentukan sebelumnya. Skor ideal ini berfungsi sebagai acuan untuk menentukan sejauh mana variabel tersebut mengalami kecenderungan.

Kategorisasi interval skor : Selanjutnya, interval skor yang diperoleh dari estimasi rata-rata dikategorikan dalam interpretasi tertentu. Hal ini dilakukan untuk mempermudah pemahaman terhadap kecenderungan variabel dan untuk mengidentifikasi pola atau tren yang ada.

Penggunaan uji kecenderungan dalam analisis data penelitian memiliki tujuan untuk memberikan gambaran umum mengenai variabel yang diteliti. Dengan demikian, peneliti dapat memahami kecenderungan yang ada dan mengambil kesimpulan yang relevan berdasarkan interpretasi interval skor yang telah dikategorikan.

Interpretasi untuk klasifikasi skor tersebut adalah :

Tabel 4. Interpretasi skor

Kriteria Kecenderungan	Kategori
$X \geq M + 1,5 SD$	Sangat Baik
$M+0,5 SD \leq X < M+1,5 SD$	Baik
$M-0,5 SD \leq X < M+1,5 SD$	Cukup baik
$M-0,5 SD \leq X < M-1,5 SD$	Kurang baik
$X < M-1,5 SD$	Tidak baik

(Sumber : (Djemari, 2008))

Lalu untuk menentukan presentase perolehan skor menggunakan rumus:

$$P = \frac{fo}{N} \times 100\%$$

(Sumber : (Ari Rahayuningtyas, 2020))

Keterangan :

P = Persentase jawaban

Fo = jumlah skor yang muncul

N = jumlah skor total/skor ideal

Persentase hasil yang diperoleh kemudian diinterpretasikan melalui interval berikut:

81%-100% = Sangat tinggi

61%-80% = Tinggi

41%-60% = Cukup

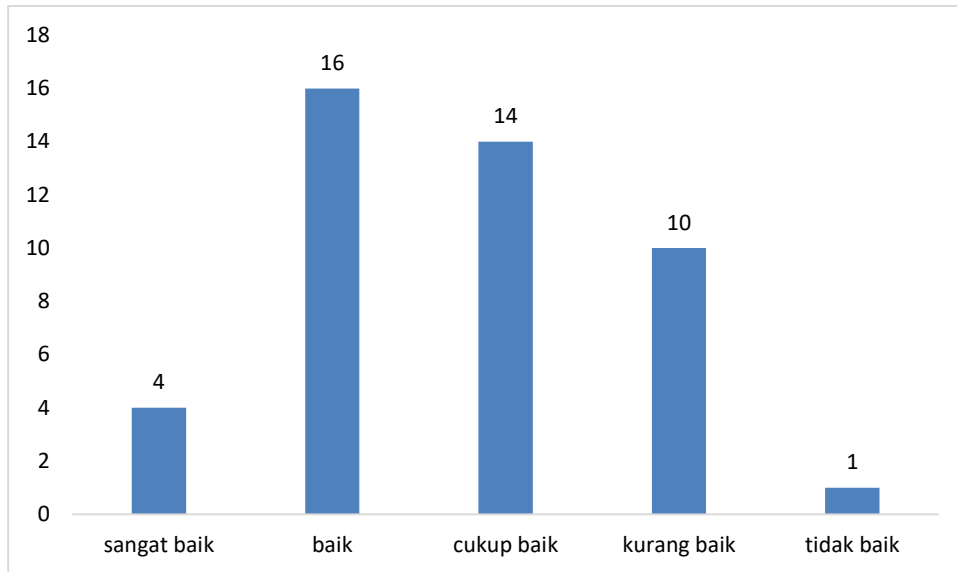
21%-40% = Rendah

0%-20% = Sangat rendah

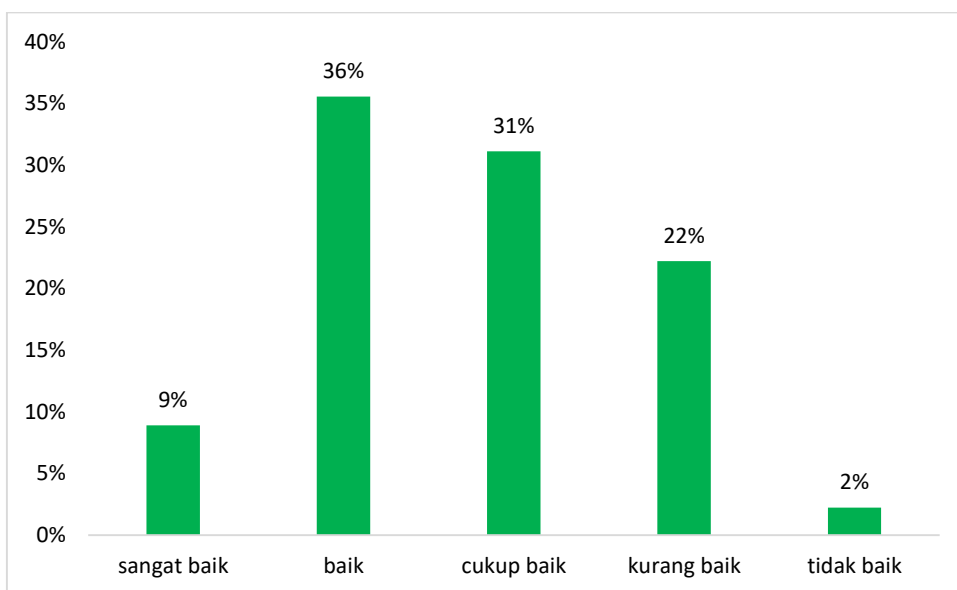
Adapun hasil dari analisis data dari uji kecenderungan adalah sebagai berikut:

a. Analisis Kemudahan

Untuk pengukuran analisis kemudahan dari mesin sortasi tomat berbasis Arduino ditunjukkan dalam bentuk grafik pada Gambar 13 dan Gambar 14.



Gambar 22. Analisis data Frekuensi Kemudahan Mesin sortasi tomat



Gambar 23. Analisis data persentase Kemudahan Mesin sortasi tomat

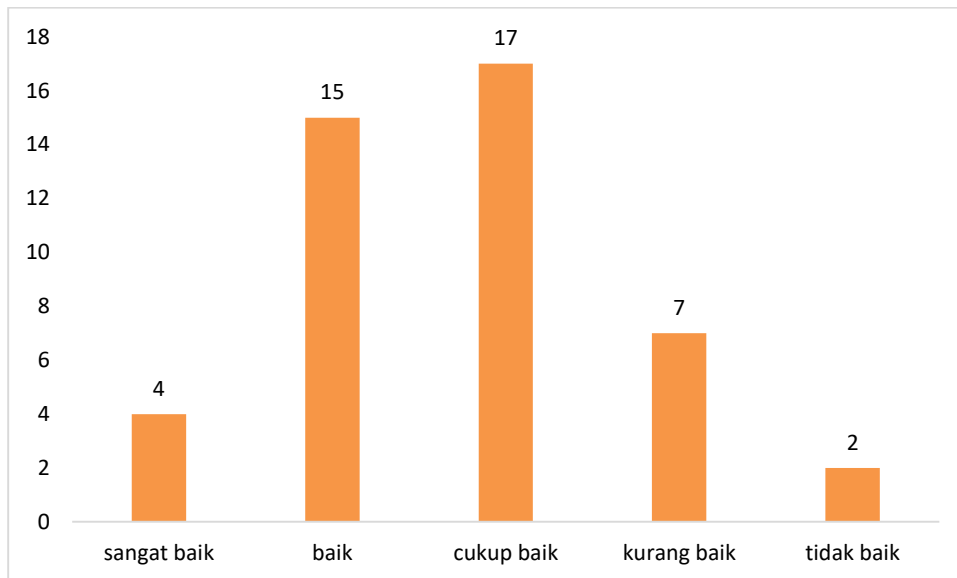
Berdasarkan Gambar 22 dan Gambar 23 di atas, dapat diambil kesimpulan bahwa mesin sortasi tomat berbasis Arduino ini dapat dikategorikan sebagai mesin yang baik. Analisis dilakukan terhadap 45 responden, di mana terdapat berbagai tingkatan penilaian terhadap mesin tersebut. Sebanyak 16 responden (36%) mengategorikan mesin tersebut sebagai baik, sementara 4 responden (9%) menyatakan mesin tersebut sangat baik. Terdapat pula 14 responden (31%) yang

menyatakan mesin tersebut cukup baik. Namun, terdapat 10 responden (22%) yang menyatakan bahwa mesin tersebut kurang baik. Hanya 1 responden (2%) yang menyatakan bahwa mesin tersebut tidak baik.

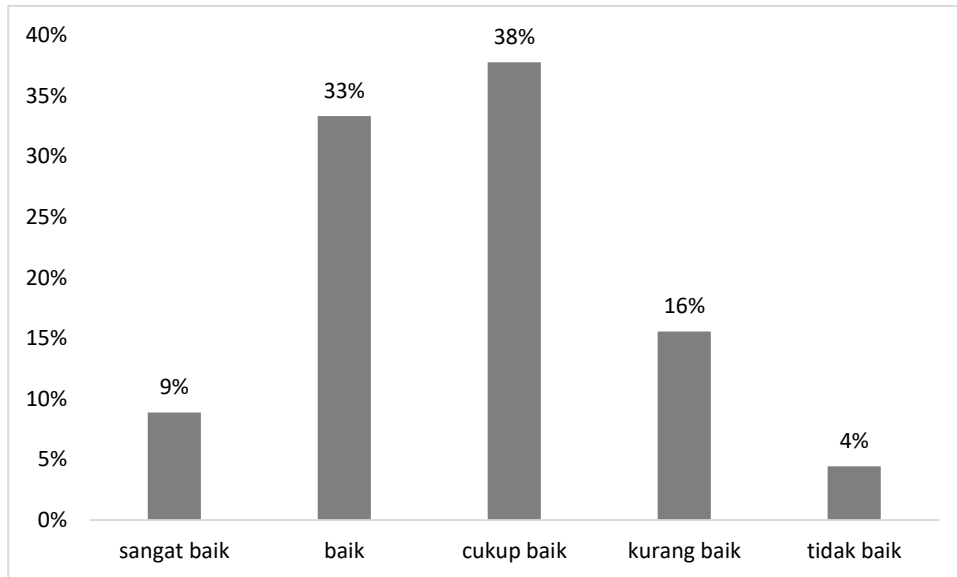
Berdasarkan data tersebut, dapat disimpulkan bahwa mayoritas responden memberikan penilaian positif terhadap kemudahan mesin sortasi tomat berbasis Arduino. Meskipun terdapat beberapa responden yang memberikan penilaian yang kurang baik, namun proporsi responden dengan penilaian baik dan sangat baik lebih tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa mesin tersebut cukup efektif dalam membantu proses sortasi tomat.

b. Analisis Keamanan

Pengukuran analisis keamanan penggunaan mesin sortasi tomat berbasis arduino ditunjukkan pada Gambar 24 dan Gambar 25.



Gambar 24. Analisis data Frekuensi keamanan Mesin sortasi tomat



Gambar 25. Analisis data persentase keamanan Mesin sortasi tomat

Berdasarkan data yang telah disajikan, terdapat beberapa kesimpulan mengenai keamanan mesin sortasi tomat berbasis Arduino dari 45 responden yang menjadi subjek penelitian. Rincian hasil penilaian adalah sebagai berikut:

1) Kategori sangat baik,

Kategori sangat baik sebanyak 4 responden (9%) memberikan penilaian tersebut. Hal ini menunjukkan bahwa mesin sortasi tomat berbasis Arduino dinilai memiliki tingkat keamanan yang sangat tinggi, dengan respons positif yang signifikan dari responden.

2) Kategori baik

Kategori baik memperoleh 17 responden (15%) yang memberikan penilaian tersebut. Penilaian ini mengindikasikan bahwa mesin ini memenuhi standar keamanan yang diharapkan oleh sebagian besar responden, sehingga dianggap aman digunakan.

3) Kategori cukup baik,

Kategori cukup memperoleh 17 responden (38%) yang memberikan penilaian tersebut. Meskipun penilaian ini menunjukkan adanya beberapa aspek keamanan yang perlu diperhatikan lebih lanjut, secara umum mesin ini masih dianggap aman dalam penggunaannya.

4) Kategori kurang baik,

Kategori kurang baik memperoleh 7 responden (16%) memberikan penilaian tersebut. Penilaian ini mengindikasikan adanya kelemahan dalam aspek keamanan mesin yang perlu diperbaiki untuk meningkatkan tingkat keamanannya.

5) Kategori tidak baik,

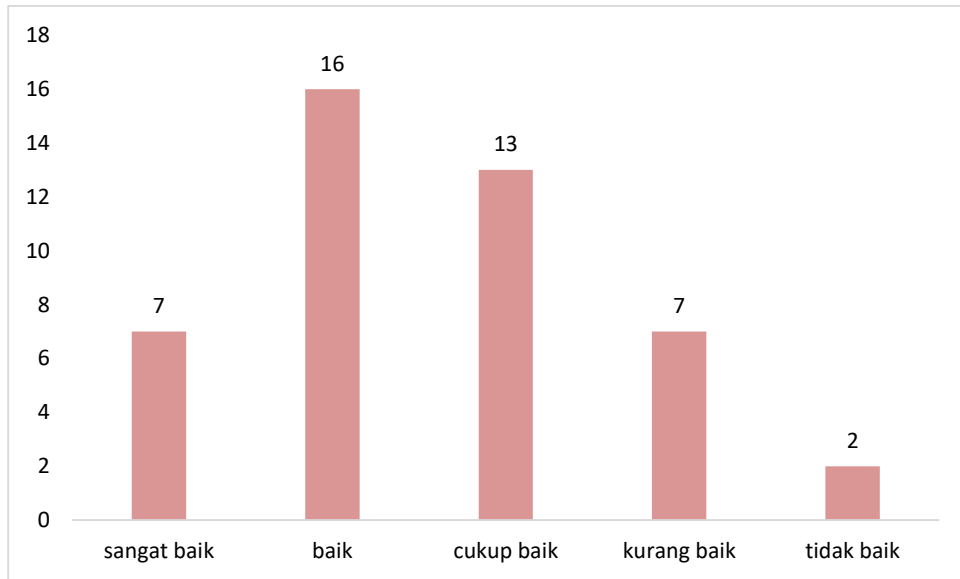
Kategori tidak baik terdapat 2 responden (4%) yang memberikan penilaian tersebut. Penilaian ini menunjukkan adanya masalah serius dalam aspek keamanan mesin yang perlu ditangani dan diperbaiki.

Berdasarkan hasil penilaian tersebut, dapat disimpulkan bahwa mesin sortasi tomat berbasis Arduino memiliki tingkat keamanan yang relatif baik, dengan mayoritas responden memberikan penilaian baik hingga cukup baik. Meskipun demikian, penilaian yang kurang baik dan tidak baik juga perlu menjadi perhatian serius dalam upaya meningkatkan keamanan mesin tersebut.

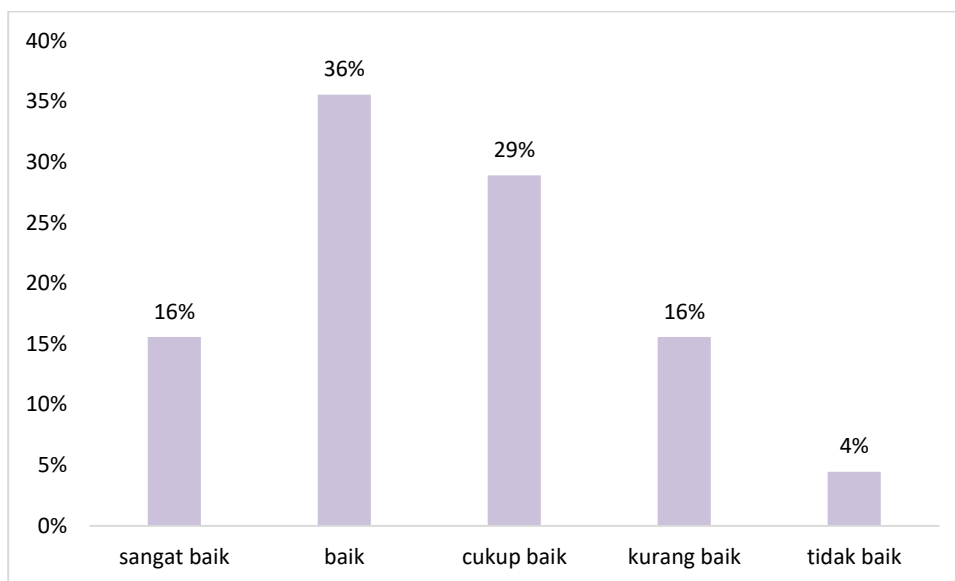
Berdasarkan data diatas untuk keamanan mesin sortasi tomat berbasis Arduino dari 45 responden ini didapatkan hasil 9% atau sejumlah 4 responden dikategorikan sangat baik, sedangkan untuk kategori baik mendapatkan hasil 15% atau sejumlah 17 responden, kategori cukup baik mendapatkan hasil 38% atau 17 responden, untuk kategori kurang baik mendapatkan hasil 16% atau 7 responden, kategori tidak baik didapatkan hasil 4% atau 2 responden.

c. Analisis Kenyamanan

Pengukuran kenyamanan dari penggunaan mesin sortasi tomat berbasis Arduino ditunjukkan pada Gambar 26 dan Gambar 27 berikut ini.



Gambar 26. Analisis data Frekuensi kenyamanan Mesin sortasi tomat



Gambar 27. Analisis data persentase kenyamanan Mesin sortasi tomat

Hasil penilaian mengenai kenyamanan mesin sortasi tomat berbasis Arduino menunjukkan adanya variasi dalam penilaian dari responden. Rincian hasil penilaian adalah sebagai berikut:

a) Kategori sangat baik

Pada kategori sangat baik, terdapat 7 responden (16%) yang memberikan penilaian tersebut. Penilaian ini menunjukkan bahwa mesin ini mampu memberikan tingkat kenyamanan yang tinggi bagi penggunanya.

b) Kategori baik

Pada kategori baik, terdapat 16 responden (36%) yang memberikan penilaian tersebut. Mesin sortasi ini dinilai mampu memberikan tingkat kenyamanan yang memadai bagi pengguna.

c) Kategori cukup baik

Pada kategori cukup baik, terdapat 13 responden (29%) yang memberikan penilaian tersebut. Mesin sortasi ini masih memenuhi standar kenyamanan yang diharapkan, namun terdapat beberapa aspek yang perlu diperhatikan lebih lanjut untuk meningkatkan tingkat kenyamanan.

d) Kategori kurang baik

Pada kategori kurang baik, terdapat 7 responden (16%) yang memberikan penilaian tersebut. Dalam hal ini, perbaikan pada aspek keamanan menjadi perhatian penting untuk meningkatkan tingkat kenyamanan mesin ini.

e) Kategori tidak baik

Pada kategori tidak baik, terdapat 2 responden (4%) yang memberikan penilaian tersebut. Penilaian ini menunjukkan adanya masalah serius dalam aspek kenyamanan mesin yang perlu ditangani dan diperbaiki.

Berdasarkan hasil analisis uji kecenderungan dan referensi yang dikutip, mesin sortasi tomat berbasis Arduino dianggap aman dan nyaman untuk digunakan oleh pekerja. Namun, terdapat beberapa saran dan masukan dari responden yang perlu diperhatikan untuk perbaikan mesin ini ke depan.

Berdasarkan saran dan masukan dari responden, terdapat beberapa hal yang disampaikan untuk perbaikan mesin sortasi tomat ke depan. Pertama, perlu dilakukan peningkatan pada aspek keamanan mesin. Hal ini sejalan dengan saran yang diungkapkan oleh responden bahwa mesin perlu memiliki fitur keamanan yang lebih baik untuk melindungi pengguna dan mencegah kemungkinan kecelakaan kerja. Selain itu, perbaikan pada sensor berat dan sensor warna juga menjadi fokus perhatian. Responden mencatat bahwa sensor-sensor ini seringkali tidak berfungsi dengan baik, yang

mengakibatkan hasil penyortiran yang tidak presisi. Oleh karena itu, diperlukan pemeliharaan rutin dan kalibrasi sensor secara berkala untuk memastikan kinerjanya yang optimal.

Pemilihan bahan dan finishing mesin sortasi juga menjadi hal yang perlu diperhatikan. Responden mencatat bahwa beberapa bagian mesin yang terbuat dari bahan yang tidak sesuai dapat merusak tomat atau mengurangi kualitas hasil sortasi. Oleh karena itu, pemilihan bahan yang tahan terhadap korosi dan memiliki kelembutan yang sesuai perlu diperhatikan agar mesin dapat berfungsi dengan baik dan menjaga kualitas produk. Terakhir, pengaturan kecepatan pada conveyor perlu disesuaikan dengan jumlah benda uji yang akan disortir. Responden mencatat bahwa pengaturan kecepatan yang tepat dapat meningkatkan efisiensi dan efektivitas dalam proses penyortiran.

Dengan memperhatikan saran-saran dan masukan dari responden, perbaikan-perbaikan tersebut dapat dilakukan untuk meningkatkan kualitas dan performa mesin sortasi tomat berbasis Arduino ke depan. Hal ini akan membantu meningkatkan produktivitas, efisiensi, dan kualitas hasil sortasi tomat. Perbaikan dan pengembangan yang terus-menerus akan memastikan bahwa mesin ini tetap relevan dan dapat memenuhi kebutuhan industri yang terus berkembang.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang sudah dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui tingkat kenyamanan pengguna/operator terhadap mesin sortasi tomat dan menganalisis serta mengevaluasi aspek ergonomi dari prototype mesin sortasi tomat yang dirancang, maka dapat disimpulkan sebagai berikut ini :

1. a. Prototype mesin sortasi tomat ini dalam segi kemudahan mendapatkan hasil 4 responden (9%) menyatakan mesin tersebut sangat baik dan sebanyak 16 responden (36%) mengkategorikan mesin tersebut sebagai baik, dapat disimpulkan bahwa mayoritas responden memberikan penilaian positif terhadap kemudahan mesin sortasi tomat berbasis Arduino. Meskipun terdapat beberapa responden yang memberikan penilaian yang kurang baik, namun proporsi responden dengan penilaian baik dan sangat baik lebih tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa mesin tersebut cukup efektif dalam membantu proses sortasi tomat.
- b. Prototype mesin sortasi tomat ini dalam segi keamanan mendapatkan hasil Kategori sangat baik sebanyak 4 responden (9%) memberikan penilaian tersebut dan kategori baik memperoleh 15 responden (33%) yang memberikan penilaian tersebut. Penilaian ini mengindikasikan bahwa bahwa prototype mesin sortasi tomat dinilai memiliki tingkat keamanan yang cukup, sehingga perlu dilakukan *improve* dan perbaikan pada aspek keamanan pada *prototype* mesin sortasi tomat.
- c. Prototype mesin sortasi tomat ini dalam dalam segi kenyamanan mendapatkan kategori sangat baik, terdapat 7 responden (16%) yang memberikan penilaian sangat baik dan terdapat 16 responden (36%) yang memberikan penilaian baik, sehingga mesin sortasi ini dinilai memiliki tingkat kenyamanan yang cukup bagi pengguna. Penilaian ini menunjukkan bahwa mesin ini belum mampu memberikan tingkat kenyamanan yang maksimal bagi penggunanya, sehingga perlu dilakukan *improve* dan perbaikan pada aspek kenyamanan pada *prototype* mesin

sortasi tomat .

- d. Analisis pengukuran aspek ergonomi dari prototype mesin sortasi tomat menunjukkan bahwa mesin ini telah memperhatikan prinsip – prinsip ergonomi dalam desainnya. Faktor – faktor seperti kemudahan pengoperasian, tata letak yang sesuai, dan kenyamanan pengguna telah dipertimbangkan dalam pembuatan mesin. Mesin sortasi tomat berbasis Arduino ini memiliki potensi untuk meningkatkan efisiensi dalam proses sortasi tomat, dengan akurasi sebesar 86.66 % dan tingkat error alat sebesar 13.33 %. Mesin ini mampu menghasilkan sortasi tomat yang lebih presisi dan mengurangi kesalahan manusia dalam proses tersebut.
2. a. Penilaian pada operator menggunakan score RULA untuk melakukan penilaian postur tubuh didapatkan score 6. Berdasarkan score tersebut, maka postur tubuh operator berada pada level 3, yaitu resiko sedang, sehingga harus dilakukan perbaikan secepatnya untuk meminimalisir cedera pada operator.
 - b. Evaluasi terhadap tinggi mesin prototype mesin sortasi tomat eksisting dengan hasil tinggi rancangan 61 cm belum sesuai dengan perhitungan antropometri dan ergonomi manusia, data yang digunakan dalam menentukan tinggi mesin menggunakan dimensi tubuh tinggi bahu duduk yaitu tinggi lutut ditambah tinggi bahu. Ukuran tinggi mesin harus sesuai dan ergonomis agar pada saat dioperasikan, sehingga tidak menyebabkan sakit ataupun menyebabkan keluhan-keluhan pada bagian otot skeletal tertentu, oleh sebab itu ukuran yang diambil yaitu menggunakan persentil 5th agar operator yang memiliki dimensi dibawah rata-rata nyaman menggunakannya dengan ukuran 96,04 dibulatkan menjadi 97 cm.

5.2 SARAN

Berdasarkan kesimpulan yang telah dijabarkan, terdapat beberapa saran yang dapat diberikan untuk pengembangan selanjutnya:

- 1) Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk memperdalam pemahaman mengenai aspek ergonomi pada mesin sortasi tomat berbasis. Hal ini dapat mencakup studi lebih mendalam tentang faktor-faktor yang memengaruhi

kenyamanan pengguna, seperti penyesuaian ukuran dan desain antarmuka, serta peningkatan pada sistem pelindung dan perlindungan operator.

- 2) Perlu dilakukan modifikasi terhadap dimensi tinggi mesin atau diberikan meja kerja sesuai dengan perhitungan antropometri dan ergonomi manusia, dalam hal ini perlu di modifikasi penambahan 36 cm pada frame/kerangka protoype mesin sortasi tomat yang telah dirancang, serta dibuatkan alat bantu kursi operator dengan dimensi sebagai berikut :
 - Tinggi dudukan kursi operator = 45 cm
 - Tinggi sandaran kursi operator = 53 cm
 - Panjang dudukan kursi operator = 43 cm
 - Lebar sandaran kursi operator = 47 cm.
- 3) Penggunaan material dan finishing yang tepat pada mesin sortasi tomat perlu diperhatikan agar tidak merusak tomat selama proses sortasi. Studi lebih lanjut tentang bahan yang cocok untuk kontak dengan bahan pangan seperti tomat dapat membantu memperbaiki kualitas mesin dan mengurangi potensi kerusakan produk.

DAFTAR PUSTAKA

- Adnan, A. (2012). *Panen Tomat*. Panentomat. [https://Postharvestnotes.wordpress.com/2012/11/24/Panen - Tomat/Comment-Page-1/](https://Postharvestnotes.wordpress.com/2012/11/24/Panen-Tomat/Comment-Page-1/).
- Amrullah, Haidar Natsir, dkk. (2020). *Analisis Postur Kerja dan re-design Alat Bantu Outboard Engine Pada Laboratorium Training Centre Reparasi Mesin Kapal*. Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya,
- Afrianto dan Eddy. (2008). *Pengawasan Mutu Bahan Produk Pangan Jilid 1 untuk SMK* (Jilid 1). Direktorat Jenderal Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah, Departemen Pendidikan Nasional.
- Agung Santoso, B. A. A. P. . (2014). *Perancangan Ulang Kursi Antropometri Untuk Memenuhi Standar Pengukuran*.
- Ari Rahayuningtyas, M. F. D. S. (2020). *Rancang Bangun Perangkat Sortasi Tomat Berdasar Sensor Berat Tipe Strain Gauge dan Pengolahan Citra Warna*.
- Arif Aquri Saputra, R. R. M. , C. U. T. (2017). Perancangan dan Implementasi Alat Untuk Penyortiran Buah Tomat (*Lycopersicum Esculentum*) Menggunakan Mikrokomputer Design. *E-Proceeding of Engineering*, 4074–4082.
- Artawijaya, I. P. G. A. , & S. I. W. (2021). Pengaruh penambahan ketinggian support pada mesin sortasi tomat terhadap performa mesin dan keberhasilan sortasi. *E-Jurnal Agroekoteknologi Tropika*.
- Badan Standarisasi Nasional. (1992). *SNI Tomat Segar SNI 01 3162 1992*. BSN.
- Setiawan, Bagus. (2018). *Analisis Perbaikan Sistem Kerja Menggunakan Metode Rapid Upper Limb Assesment (RULA) Untuk Mengurangi Risiko Muscoloskeletal Disorders (Studi Kasus Pada Proses Pembuatan Tahu CV.Usaha Jaya*. Universitas Mercu Buana. Hal 8-16.
- Belotti, F. , C. L. , F. A. , & M. R. (2015). Load Cell Transducers in Weighing Technology: A Review. *Sensors*, 15(3), 5929–5948.
- Chaffin, D.B., Andersson, G.B.J. & Martin, J.B. 1999. *Occupational Biomechanics*. John Wiley & Sons, Kanada
- Djemari, M. (2008). *Teknik Penyusunan Instrumen Tes Dan Non Tes*. Mitra Cendikia Press.
- Fathallah, F. A. , W. R. , & A. T. (2019). *Ergonomics in manual tasks: analysis, design, and measurement*. CRC Press.

- Guo, H. R., Tanaka, S., Cameron, L. L., Seligman, P. J., Behrens, V. J., Ger, J., ... & Putz-Anderson, V. (1995). *Back Pain Among Workers in the United States: National Estimates and Workers at High Risk*. *American journal of industrial medicine*, 28 (5), 591-602.
- Hidayanto, A. N. , L. A. F. , & A. I. A. (2019). Tomato Ripeness Classification Using Image Processing and Artificial Neural Network. *Journal of Physics: Conference Series*, 1317(1).
- Hidayat, M. F. , S. A. , & P. D. R. (2018). Desain dan Pengembangan Mesin Sortasi Buah Naga dengan Aspek Ergonomi. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 9(2), 189–197.
- Hignett, S. , & M. L. (2000). Rapid entire body assessment (REBA). *Applied Ergonomics*, 31(2), 201–205.
- Jansen, W. (2020). *Statistical Techniques for Data Analysis*. Springer.
- Jeyaraj, P. R. , A. W. A. M. , & N. S. (2017). A study on ergonomics risk assessment in manual tasks using RULA method. *Procedia Engineering*, 177, 349–356.
- Kementerian Pertanian Indonesia. (2013). *Penanganan Bahan dan Hasil Pertanian*.
- Kumar, A. , & K. V. (2018). An ergonomic analysis of different components of tractor's operator workstation. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 64, 46–54.
- Lim, S. L. , S. E. , & W. Y. (2019). Evaluation of user interface design for a smart home control system: An ergonomic perspective. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 35(18), 1667–1680.
- Marliah, A. , H. M. , dan M. I. (2012). Pemanfaatan pupuk organik cair terhadap pertumbuhan dan hasil beberapa varietas tomat (*Lycopersicon esculentum* L.). *Jurnal Agrista* , 16(3), 122–128.
- Munib, M. A. (2017). Perancangan Alat Pemisah Pohon Cabai Merah. *Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 3(2), 141–146.
- Murtiningrum, T. , M. & S. O. (2016). Pengaruh Metode Grading Terhadap Kualitas dan Keuntungan Produk Jeruk Keprok Varitas Siam. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, 26(1), 7–16.
- Niebel, B. (1999). *Methods Standarts and Works Design* (10th ed.). WCB MC Graw-Hill.
- Nurmianto, E. (1998). *Ergonomi : Konsep Dasar dan Aplikasinya* (2nd ed.). PT.Guna Widya.

- Openshaw, S. (2006). The natural motion of the body. *Physical Therapy Products*, 7(2), 34–37.
- Pranoto, H. , Y. D. , & W. S. (2020). Sorting Tomato Fruit Using Fuzzy Logic Method. *Journal of Physics: Conference Series*, 1496(1).
- Rakhman, A. , S. H. , & H. D. (2020). Analisis Gerak dan Ergonomi pada Mesin Penggilingan Biji Kopi. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, 30(2), 129–138.
- Ratna Sari, Lulu. (2019). Faktor Kebisingan Lingkungan Kerja terhadap Produktivitas Kerja Karyawan di PT X. *Jurnal Pengembangan Kota*, 7(1), 64–75.
- Saleh, Abdul Rahman. (2017). Rancang Bangun Mesin Pengiris Ubi Kayu Menggunakan Pendekatan *Nordic Body Map* (NBM) dan Pendekatan Antropometri. Universitas Tanjung Pura.
- Santoso, B. (2018). *Metode Statistika*. PT Elex Media Komputindo.
- Saragih, B. S. (2018). Analisis Kelayakan dan Perbandingan Penyortiran Tomat Secara Manual dan Otomatis. *Jurnal Teknologi Pertanian*, 19(3), 208–215.
- Savitri, Widyangingtyas Ilva.(2015). Hubungan Antara Aktivitas Membatik Dengan Gangguan Sistem *Muskuloskeletal* Pada Pengrajin Batik Tulis. Universitas Diponegoro.985-995
- Serope Kalpakjian and Steven R. Schmid. (2001). *Manufacturing Engineering and Technology* (4th ed.).
- Setyawan, F. A. , & W. A. (2020). Analisis Ergonomi Antarmuka Pengguna Pada Aplikasi Penghitung Fungsionalitas Perangkat Lunak. *Jurnal Informatika Upgris*, 6(2), 23–34.
- Sudarsono. (2017). *Ergonomi untuk Produktivitas Kerja*. CV. Andi Offset.
- Sudaryanto Z., R. D. , N. S. (2005). *Teknologi Pengolahan Pascapanen Biji-bijian.Modul Kuliah. Fakultas Teknologi Industri Pertanian*.
- Tarwaka, S., & Bakri, L. S. (2004). Ergonomi Untuk Keselamatan: Kesehatan Kerja dan Produktivitas. Surakarta: UNIBA Pers.
- Tasli, M. , & K. F. (2021). Analisis Ergonomi Pada Mesin Sortasi Tomat Berbasis Mikrokontroler Arduino Mega 2560. *Jurnal Ilmiah Informatika Dan Teknologi Informasi (JUNITIN)*, 6(1), 19–30.

Wignjosoebroto, S. (1995). *Ergonomi Studi Gerak dan Waktu (II)*. PT.Candimas Metropole.

Wignjosoebroto, S. (2000). *Teknik Analisis Untuk Peningkatan Produktivitas Kerja Dalam Ergonomi Studi Gerakan dan Waktu*.

Woodson, W. E. , T. B. A. , & T. P. (2019). *Ergonomics in Design: Methods and Techniques*. CRC Press.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Jadwal Kegiatan

No.	Nama Kegiatan	Bulan ke-					Keterangan			
		10	11	12	1	2		3	4	5
1.	Identifikasi Kebutuhan Ergonomi									Laboratorium Konversi Energi dan Merancang Mesin, FTI UNUGHA CILACAP
2.	Perancangan alat dan Aspek Ergonomi									Laboratorium Konversi Energi dan Merancang Mesin, FTI UNUGHA CILACAP
3.	Penyusunan Proposal Penelitian									FTI UNUGHA
4.	Seminar proposal penelitian									FTI UNUGHA
4.	Kontruksi pembuatan mesin sortasi tomat berbasis arduino									Laboratorium Konversi Energi dan Merancang Mesin, FTI UNUGHA CILACAP
5.	Implementasi dan Pengukuran Ergonomi									Laboratorium Konversi Energi dan Merancang Mesin, FTI UNUGHA CILACAP
6.	Evaluasi kinerja ergonomi									Laboratorium Konversi Energi dan Merancang Mesin, FTI UNUGHA

										CILACAP
7	Analisis Data									FTI UNUGHA
8	Penyusunan Laporan Tugas Akhir									FTI UNUGHA
7.	Konsultasi Laporan Tugas Akhir									FTI UNUGHA
8.	Sidang Tugas Akhir									FTI UNUGHA

Lampiran 2. Pengambilan Data Ergonomi









Lampiran 3. Daftar pertanyaan ergonomi mesin sortasi tomat

Kategori	Pernyataan	STS	TS	N	S	ST	Jumlah responden	Skor	Mean	TCR	Kategori
		1	2	3	4	5					
KEMUDAHAN MESIN SORTASI TOMAT	Prosedur cara mengoperasikan mesin sortasi berbasis arduino mudah dan sederhana						45				
	Prosedur cara mengoperasikan mesin sortasi berbasis arduino cepat dipahami						45				
	Sensor warna dan berat pada mesin sortasi tomat bekerja dengan baik						45				
	Mesin sortasi tomat berbasis arduino efisien dan efektif untuk melakukan kegiatan penyortiran tomat						45				
KEAMANAN MESIN SORTASI TOMAT	Posisi anggota tubuh operator safety saat pemasukan buah tomat						45				
	Mesin sortasi tidak bising						45				
	Komponen-komponen mesin sortasi tidak tajam dan berbahaya						45				
	Instalasi mesin sortasi rapi dan aman						45				

	Sudah tersedia pengaman motor dan instalasi						45				
KENYAMANAN MESIN SORTASI TOMAT	Dimensi (tinggi, lebar dan panjang) mesin sortasi sesuai dengan ukuran tubuh saya						45				
	Operator mesin sortasi memerlukan alat pendukung (kursi) untuk melakukan penyortiran						45				
	Saya lebih nyaman duduk dalam memasukan benda uji pada mesin sortasi tomat						45				
	Saya lebih nyaman berdiri dalam memasukan benda uji pada mesin sortasi tomat						45				

KENYAMANAN MESIN SORTASI TOMAT					
Responden	Dimensi (tinggi, lebar dan panjang) mesin sortasi sesuai dengan ukuran tubuh saya	Operator mesin sortasi memerlukan alat pendukung (kursi) untuk melakukan penyortiran	Saya lebih nyaman duduk dalam memasukan benda uji pada mesin sortasi tomat	Saya lebih nyaman berdiri dalam memasukan benda uji pada mesin sortasi tomat	Nilai
Responden 1	3	5	4	2	14
Responden 2	4	4	5	1	14
Responden 3	4	4	5	1	14
Responden 4	5	5	4	2	16
Responden 5	5	5	4	1	15
Responden 6	2	4	4	2	12
Responden 7	2	5	5	1	13
Responden 8	3	5	4	2	14
Responden 9	2	4	4	1	11
Responden 10	1	5	5	3	14
Responden 11	3	4	4	2	13
Responden 12	3	4	4	1	12
Responden 13	2	4	3	4	13
Responden 14	2	5	4	2	13
Responden 15	4	5	5	3	17
Responden 16	5	4	4	3	16
Responden 17	4	4	4	3	15
Responden 18	4	4	4	1	13
Responden 19	3	5	5	2	15
Responden 20	4	4	5	2	15
Responden 21	4	5	5	2	16
Responden 22	4	4	4	1	13
Responden 23	4	4	4	2	14
Responden 24	4	5	5	3	17
Responden 25	4	5	5	1	15
Responden 26	3	5	4	1	13
Responden 27	2	4	4	2	12
Responden 28	1	5	5	3	14
Responden 29	4	4	3	2	13
Responden 30	1	4	4	1	10
Responden 31	1	4	4	1	10
Responden 32	4	5	4	1	14
Responden 33	3	4	3	1	11
Responden 34	3	4	5	1	13
Responden 35	5	5	3	2	15
Responden 36	4	4	4	1	13
Responden 37	3	4	4	2	13
Responden 38	2	5	4	3	14
Responden 39	4	5	5	2	16
Responden 40	4	5	5	2	16
Responden 41	3	4	4	1	12
Responden 42	3	4	3	2	12
Responden 43	4	5	3	1	13
Responden 44	5	4	4	1	14
Responden 45	3	4	4	2	13
Rata - Rata					13.67
Simpangan Baku					1.67
Varian					2.77

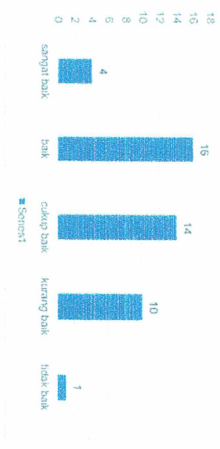
KEAMANAN MESIN SORTASI TOMAT						
Responden	Posisi anggota tubuh operator safety saat pemasukan buah tomat	Mesin sortasi tidak bising	Komponen-komponen mesin sortasi tidak tajam dan berbahaya	Instalasi mesin sortasi rapi dan aman	Sudah tersedia pengaman motor dan instalasi	Nilai
Responden 1	4	5	4	4	5	22
Responden 2	4	4	4	4	4	20
Responden 3	4	4	4	4	4	20
Responden 4	5	5	5	5	5	25
Responden 5	5	5	5	5	5	25
Responden 6	3	2	4	4	3	16
Responden 7	3	4	2	4	4	17
Responden 8	4	4	4	4	3	19
Responden 9	5	5	5	4	3	22
Responden 10	4	4	4	4	4	20
Responden 11	5	3	3	3	4	18
Responden 12	3	5	5	5	5	23
Responden 13	5	5	4	4	4	22
Responden 14	4	4	4	4	4	20
Responden 15	4	3	3	3	4	17
Responden 16	4	4	4	4	5	21
Responden 17	4	3	4	3	4	18
Responden 18	4	4	3	4	3	18
Responden 19	4	3	3	4	4	18
Responden 20	4	4	4	3	3	18
Responden 21	4	4	2	3	3	16
Responden 22	4	4	3	3	3	17
Responden 23	3	4	3	4	4	18
Responden 24	4	3	2	3	4	16
Responden 25	5	2	4	5	4	20
Responden 26	4	3	4	4	5	20
Responden 27	4	3	4	4	3	18
Responden 28	3	4	3	4	4	18
Responden 29	4	5	4	4	5	22
Responden 30	4	3	3	3	5	18
Responden 31	3	4	4	4	4	19
Responden 32	4	4	4	3	3	18
Responden 33	3	4	4	5	4	20
Responden 34	4	5	4	5	4	22
Responden 35	5	4	3	4	4	20
Responden 36	5	4	4	3	3	19
Responden 37	3	2	2	4	3	14
Responden 38	4	4	2	4	3	17
Responden 39	4	4	3	3	4	18
Responden 40	5	3	4	4	3	19
Responden 41	4	5	5	5	4	23
Responden 42	5	4	4	3	4	20
Responden 43	4	3	4	4	3	18
Responden 44	3	4	4	4	3	18
Responden 45	3	2	3	3	4	15
Rata - Rata						19.16
Simpangan Baku						2.42
Varian						5.86

KEMUDAHAN MESIN SORTASI TOMAT					
Responden	Prosedur cara mengoperasikan mesin sortasi berbasis arduino mudah dan sederhana	Prosedur cara mengoperasikan mesin sortasi berbasis arduino cepat dipahami	Sensor warna dan berat pada mesin sortasi tomat bekerja dengan baik	Mesin sortasi tomat berbasis arduino efisien dan efektif untuk melakukan kegiatan penyortiran tomat	Nilai
Responden 1	4	5	4	5	18
Responden 2	4	4	4	4	16
Responden 3	4	4	4	4	16
Responden 4	5	5	5	5	20
Responden 5	5	5	5	5	20
Responden 6	4	4	3	3	14
Responden 7	4	4	2	2	12
Responden 8	4	4	3	3	14
Responden 9	3	4	4	3	14
Responden 10	3	4	2	2	11
Responden 11	5	5	3	4	17
Responden 12	4	4	3	4	15
Responden 13	5	5	3	4	17
Responden 14	4	5	2	5	16
Responden 15	4	4	3	3	14
Responden 16	5	4	4	5	18
Responden 17	3	3	3	3	12
Responden 18	3	3	3	4	13
Responden 19	4	3	4	4	15
Responden 20	3	3	3	4	13
Responden 21	3	3	3	3	12
Responden 22	3	3	3	3	12
Responden 23	4	4	4	4	16
Responden 24	3	3	3	4	13
Responden 25	5	5	4	5	19
Responden 26	4	4	4	5	17
Responden 27	3	4	4	3	14
Responden 28	4	4	3	4	15
Responden 29	3	3	3	3	12
Responden 30	4	4	3	4	15
Responden 31	3	4	4	3	14
Responden 32	5	5	5	4	19
Responden 33	4	3	3	4	14
Responden 34	5	4	4	5	18
Responden 35	5	4	5	4	18
Responden 36	4	3	4	4	15
Responden 37	4	3	4	4	15
Responden 38	3	3	3	3	12
Responden 39	4	3	4	5	16
Responden 40	5	4	5	4	18
Responden 41	5	4	5	4	18
Responden 42	3	5	4	5	17
Responden 43	4	4	4	4	16
Responden 44	5	4	3	3	15
Responden 45	3	3	4	3	13
Rata - Rata					15.29
Simpangan Baku					2.37
Varian					5.62

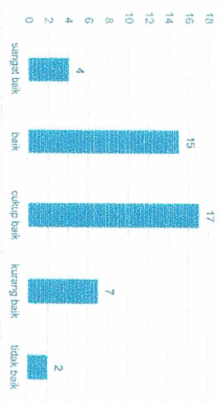
=rata-rata + 1,5 x simpangan baku
 =rata-rata + 0,5 x simpangan baku
 =rata-rata - 0,5 x simpangan baku
 =rata-rata - 1,5 x simpangan baku

INTERVAL 1	KATEGORI	FREKUENSI 1	PERSENTASE	INTERVAL 2	KATEGORI	FREKUENSI 2	PERSENTASE	INTERVAL 3	KATEGORI	FREKUENSI 3	PERSENTASE
19	<19	4	9%	23	<23	4	9%	16	<16	7	16%
16	16-19	16	36%	20	22-20	15	33%	14	15-14	16	36%
14	15-14	14	31%	18	19-18	17	39%	13	13-13	13	29%
12	13-12	10	22%	16	17-16	7	16%	11	12-11	7	16%
>11	<11	1	2%	>15	<15	2	4%	>10	<10	2	5%
		45	100%			45	100%			43	100%

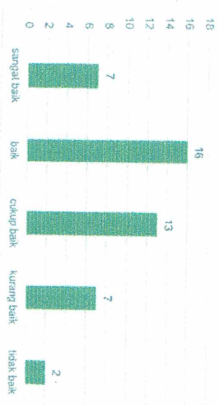
Frekuensi kemudahan mesin sortasi



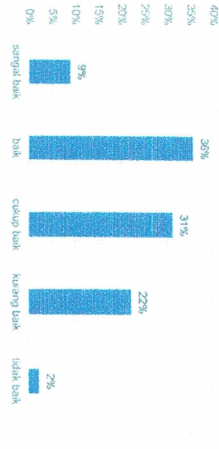
Frekuensi keamanan mesin sortasi



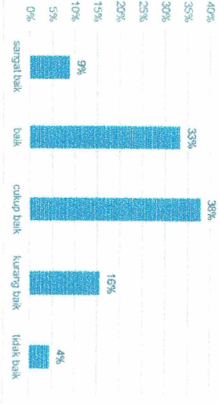
Frekuensi kenyamanan mesin sortasi



persentase kemudahan mesin sortasi



persentase keamanan mesin sortasi



persentase kenyamanan mesin sortasi

