PERANCANGAN ULANG ALAT PENGADUK GULA JAWA BERDASARKAN ANALISIS POSTUR KERJA DAN PRIORITAS RISIKO KEGAGALAN DESAIN (STUDI KASUS: UMKM NIRA NUSANTARA)

TUGAS AKHIR

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Strata-1
Program Studi Teknik Industri - Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia

Nama : Hawa Mustika
No. Mahasiswa : 22522392

PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI PROGRAM SARJANA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2026

PERNYATAAN KEASLIAN

Saya mengakui bahwa tugas akhir ini adalah hasil karya saya sendiri kecuali kutipan dan ringkasan yang seluruhnya sudah saya jelaskan sumbernya. Jika dikemudian hari ternyata terbukti pengakuan saya ini tidak benar dan melanggar peraturan yang sah maka saya bersedia ijazah yang telah saya terima ditarik kembali oleh Universitas Islam Indonesia.

Yogyakarta, 21 Agustus 2026



(Hawa Mustika)

22522392

SURAT BUKTI PENELITIAN

SURAT KETERANGAN SELESAI PENELITIAN

Yang bertanda tangah dibawah ini:

Nama : Hawa Mustika

NIM 22522392

Jurusan : Teknik Industri

Fakultas : Fakultas Teknologi Industri

Universitas : Universitas Islam Indonesia

Menerangkan dengan sebenarnya bahwa saya telah menyelesaikan penelitian pada Pemilik UMKM Nira Nusantara dengan tujuan memperoleh data dalam rangka penyusunan tugas akhir dengan judul "Perancangan Ulang Alat Pengaduk Gula Jawa Berdasarkan Analisis Postur Kerja dan Prioritas Risiko Kegagalan Desain (RPN)" mulai pelakasanaan pada 24 Juli 2026. Demikian adalah surat keterangan dibuat dan diberikan kepada yang bersangkutan dengan tujuan digunakan seperlunya.

Yogyakarta, 22 Agustus 2026



(Hawa Mustika)

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

PERANCANGAN ULANG ALAT PENGADUK GULA JAWA BERDASARKAN ANALISIS POSTUR KERJA DAN PRIORITAS RISIKO KEGAGALAN DESAIN (STUDI KASUS: UMKM NIRA NUSANTARA)

TUGAS AKHIR

Disusun Oleh :

Nama : Hawa Mustika

No. Mahasiswa : 22522392

Yogyakarta, 24 Agustus 2026

Dosen Pembimbing

(Ratih Dianingtyas Kurnia, S.T, Ph.D.)

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI

PERANCANGAN ULANG ALAT PENGADUK GULA JAWA BERDASARKAN ANALISIS POSTUR KERJA DAN PRIORITAS RISIKO KEGAGALAN DESAIN (STUDI KASUS: UMKM NIRA NUSANTARA)

TUGAS AKHIR

Disusun Oleh :

Nama : Hawa Mustika

No. Mahasiswa : 22522392

Telah dipertahankan di depan sidang penguji sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata-1 Teknik Industri Fakultas Tekonologi Industri Universitas Islam Indonesia

Yogyakarta, 24 Agustus 2026

Tim Penguji

Ratih Dianimgtyas Kurnia, S.T, Ph.D.	
Ketua	
Chancard Basumerda, S.T, M.Sc.	
Anggota I	
Ir. Elanjati Worldailmi, S.T., M.Sc., IPM., ASEAN Eng.	
Anggota II	

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Industri Program Sarjana

Fakultas Teknologi Industri

Universitas Islam Indonesia

Ir. Muhammad Ridwan Andi Purnomo, S.T., M.Sc., Ph.D., IPM.

NIK. 015220101

HALAMAN PERSEMBAHAN

Alhamdulillahirabbil'alamin. Tugas akhir ini saya persembahkan kepada diri saya sendiri yang telah berusaha dan bertahan dalam menyelesaikan tugas akhir ini, kepada Ibu dan Bapak atas doa, dukungan, dan motivasi yang senantiasa diberikan, serta kepada Ibu Ratih Dianingtyas Kurnia, S.T., Ph.D., selaku dosen pembimbing atas bimbingan, arahan, dan bantuan selama penyusunan tugas akhir ini

MOTTO

"Dan bahwa manusia hanya memperoleh apa yang telah diusahakannya."
(QS. An-Najm: 39)

"Jika kamu tidak sanggup menahan lelahnya belajar, maka kamu harus sanggup menahan perihnya kebodohan."
(Imam Syafi'i)

"Sesuatu yang tidak dipertaruhkan, tidak akan dimenangkan."
(Sutan Sjahrir)

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Alhamdulillahirabbil'alamin, puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas segala rahmat, hidayah, serta pertolongan-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul "Perancangan Ulang Alat Pengaduk Gula Jawa Berdasarkan Analisis Postur Kerja dan Prioritas Risiko Kegagalan Desain" dengan baik.

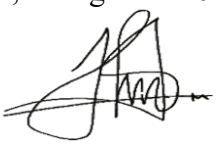
Dalam proses penyusunan Tugas Akhir ini, penulis memperoleh banyak bantuan, arahan, bimbingan, serta dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan penuh rasa hormat dan terima kasih, penulis menyampaikan apresiasi kepada:

1. Ibu Prof. Dr. Sri Kusumadewi, S.Si., M.T. selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
2. Bapak Dr. Drs. Imam Djati Widodo, M.Eng.Sc., selaku Ketua Jurusan Teknik Industri Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia
3. Bapak Ir. Muhammad Ridwan Andi Purnomo, S.T., M.Sc., Ph.D., IPM. selaku Ketua Program Studi Teknik Industri Program Sarjana Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
4. Ibu Ratih Dianingtyas Kurnia, S.T., Ph.D., selaku dosen pembimbing yang telah meluangkan waktu untuk memberikan bimbingan, arahan, serta masukan kepada penulis selama proses penyelesaian Tugas Akhir.
5. Kedua orang tua dan keluarga tercinta yang senantiasa memberikan doa, kasih sayang, dukungan, serta motivasi yang menjadi sumber kekuatan bagi penulis dalam menyelesaikan pendidikan dan Tugas Akhir ini.
6. Teman-teman penulis (Tamasya) yang selalu memberikan semangat, dukungan, bantuan, serta menemani penulis dalam berbagai proses selama masa perkuliahan hingga penyelesaian Tugas Akhir ini. Terima kasih atas segala kebersamaan, cerita, dan kenangan yang telah menjadi bagian dari perjalanan penulis.
7. Bapak Anto yang telah meluangkan waktu dan membantu penulis dalam proses pencarian objek penelitian untuk Tugas Akhir, serta senantiasa memberikan dukungan dan bantuan selama proses tersebut berlangsung.
8. Seluruh pihak yang telah memberikan bantuan dan dukungan kepada penulis selama proses penyusunan Tugas Akhir, baik secara langsung maupun tidak langsung, yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih memiliki kekurangan dan keterbatasan dalam penyusunannya. Oleh karena itu, penulis sangat terbuka terhadap kritik dan saran. Penulis berharap Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat, menambah wawasan, serta menjadi bahan yang berguna bagi pembaca dan pihak-pihak yang berkepentingan.

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Yogyakarta, 21 Agustus 2026



Hawa Mustika
NIM 22522392

ABSTRAK

Proses pengolahan gula jawa di UMKM Nira Nusantara masih dilakukan secara manual, khususnya pada aktivitas pengadukan yang menggunakan tenaga pekerja secara langsung. Kondisi tersebut menyebabkan pekerja harus menyesuaikan posisi tubuh dengan alat dan tempat kerja yang tersedia, sehingga berpotensi menimbulkan keluhan muskuloskeletal dan risiko postur kerja. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi keluhan muskuloskeletal pekerja, menganalisis risiko postur kerja, mengidentifikasi risiko kegagalan pada desain alat, serta menghasilkan desain usulan alat pengaduk gula jawa yang sesuai dengan kondisi pekerja. Metode yang digunakan dalam penelitian ini meliputi *Nordic Body Map* (NBM), *Rapid Entire Body Assessment* (REBA), *Design Failure Mode and Effects Analysis* (DFMEA), dan antropometri. Hasil NBM menunjukkan bahwa pekerja mengalami keluhan pada beberapa bagian tubuh selama aktivitas pengadukan. Hasil penilaian REBA terhadap 12 responden menunjukkan bahwa 2 responden berada pada kategori risiko sedang, sedangkan 10 responden berada pada kategori risiko tinggi, dengan skor REBA berkisar antara 5 sampai 10. Analisis DFMEA mengidentifikasi empat komponen yang perlu diperhatikan, yaitu pawon atau tungku, wajan, sistem pengadukan, dan sarana pemindahan nira ke wajan. Perancangan alat menggunakan data antropometri dengan tiga dimensi, yaitu Tinggi Siku Berdiri (TSB), Lebar Bahu (LB), dan Diameter Genggaman Tangan (DGT). Persentil yang digunakan dalam desain yaitu P5 TSB sebesar 90,6058 cm, P95 LB sebesar 41,3326 cm, dan P95 DGT sebesar 4,8525 cm. Hasil penelitian berupa desain usulan alat pengaduk gula jawa yang mempertimbangkan kondisi kerja, risiko kegagalan desain, dan ukuran tubuh pekerja.
Kata Kunci: Ergonomi, NBM, REBA, DFMEA, Antropometri

DAFTAR ISI

PERNYATAAN KEASLIAN ii
SURAT BUKTI PENELITIAN iii
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING iv
LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI v
HALAMAN PERSEMBAHAN vi
MOTTO vii
KATA PENGANTAR viii
ABSTRAK ix
DAFTAR ISI x
DAFTAR TABEL xii
DAFTAR GAMBAR xiv
BAB I PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 5
1.3 Tujuan Penelitian 5
1.4 Manfaat Penelitian 5
1.5 Batasan Penelitian 6
BAB II 8
2.1 Kajian Literatur 8
2.2 Landasan Teori 18
2.2.1 Ergonomi 18
2.2.2 Postur Kerja 20
2.2.3 *Musculoskeletal Disorders* (MSDs) 24
2.2.4 *Nordic Body Map* 24
2.2.5 *Rapid Entire Body Assessment* (REBA) 26
2.2.6 *Design Failure Mode and Effects Analysis* (DFMEA) 36
2.2.7 Antropometri 40
BAB III METODE PENELITIAN 46
3.1 Subjek Penelitian 46
3.2 Objek Penelitian 46
3.3 Jenis Data 46
3.4 Metode Pengumpulan Data 46
3.5 Metode Pengolahan Data 48
3.6 Instrumen Penelitian 52
3.7 Alur Penelitian 53
BAB IV 59
4.1 Pengumpulan Data 59
4.1.1 Karakteristik Subjek 59
4.1.2 Data Kuesioner *Nordic Body Map* 60
4.1.3 *Rapid Entire Body Assessment* (REBA) 64
4.1.4 *Design Failure Mode and Effects Analysis* (DFMEA) 70
4.1.5 Antropometri 71
4.2 Pengolahan Data 71
4.2.1 *Nordic Body Map* (NBM) 71
4.2.2 *Rapid Entire Body Asessment* (REBA) 73
4.2.3 DFMEA 113

4.2.4 Antropometri 135
4.3 Desain Usulan 142
4.4 Perhitungan REBA pada Desain Usulan 148
BAB V ANALISIS DAN PEMBAHASAN 152
5.1 Analisis Hasil Kuisioner *Nordic Body Map* (NBM) 152
5.2 Analisis Postur Kerja Berdasarkan *Rapid Entire Body Assessment* (REBA) 154
5.3 Analisis DFMEA 156
5.4 Analisis Antropometri 157
5.4.1 Analisis Uji Kecukupan Data 157
5.4.2 Analisis Uji Keseragaman Data 158
5.4.3 Analisis Uji Normalitas 159
5.4.4 Analisis Perhitungan Persentil 160
5.4.5 Analisis Desain Alat Kerja Awalan 160
5.5 Analisis Desain Usulan 161
5.6 Analisis Perhitungan REBA pada Desain Usulan 163
5.7 Rekomendasi Implementasi Kondisi Usulan 164
BAB VI PENUTUP 166
6.1 Kesimpulan 166
6.2 Saran 166
DAFTAR PUSTAKA 168
LAMPIRAN 172

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Kajian Literatur 15
Tabel 2. 2 Kuisioner Nordic Body Map 25
Tabel 2. 3 Skor Pergerakan Punggung 29
Tabel 2. 4 Skor Pergerakan Leher 30
Tabel 2. 5 Skor Pergerakan Kaki 30
Tabel 2. 6 Skor Pergerakan Lengan Atas 31
Tabel 2. 7 Skor Pergerakan Lengan Bawah 32
Tabel 2. 8 Skor Pergelangan Tangan 33
Tabel 2. 9 Tabel A 33
Tabel 2. 10 Tabel B 34
Tabel 2. 11 Skor Berat Beban 34
Tabel 2. 12 Coupling 34
Tabel 2. 13 Skor Aktivitas 35
Tabel 2. 14 Level Risiko 36
Tabel 2. 15 Rating Penilaian 38
Tabel 2. 16 Dimensi Antropometri 41
Tabel 2. 17 Nilai K 45
Tabel 4. 1 Usia Responde 59
Tabel 4. 2 Jenis Kelamin Responden 59
Tabel 4. 3 Durasi Waktu Kerja 60
Tabel 4. 4 Waktu Istirahat Responden 60
Tabel 4. 5 Kuisioner Nordic Body Map Responden 1 60
Tabel 4. 6 Rekapitulasi Kuisioner Nordic Body Map 62
Tabel 4. 7 Data Dimensi Antropometri 71
Tabel 4. 8 Tingkat Risiko Nordic Body Map 72
Tabel 4. 9 Total Skor Seluruh Responden 72
Tabel 4. 10 Data Sudut Postur Tubuh Responden 1 74
Tabel 4. 11 Skor Grup A REBA Responden 1 75
Tabel 4. 12 Skor Grup B REBA Responden 1 76
Tabel 4. 13 Skor Total REBA Responden 1 76
Tabel 4. 14 Data Sudut Postur Tubuh Responden 2 77
Tabel 4. 15 Skor Grup A REBA Responden 2 78
Tabel 4. 16 Skor Grup B REBA Responden 2 79
Tabel 4. 17 Skor Total REBA Responden 2 79
Tabel 4. 18 Data Sudut Postur Tubuh Responden 3 81
Tabel 4. 19 Skor Grup A REBA Responden 3 81
Tabel 4. 20 Skor Grup B REBA Responden 3 82
Tabel 4. 21 Skor Total REBA Responden 3 83
Tabel 4. 22 Data Sudut Postur Tubuh Responden 4 84
Tabel 4. 23 Skor Grup A REBA Responden 4 85
Tabel 4. 24 Skor Grup B REBA Responden 4 86
Tabel 4. 25 Skor Total REBA Responden 4 86
Tabel 4. 26 Data Sudut Postur Tubuh Responden 5 87
Tabel 4. 27 Skor Grup A REBA Responden 5 88
Tabel 4. 28 Skor Grup B REBA Responden 5 89
Tabel 4. 29 Skor Total REBA Responden 5 89

Tabel 4. 30 Data Sudut Postur Tubuh Responden 6 91
Tabel 4. 31 Skor Grup A REBA Responden 6 91
Tabel 4. 32 Skor Grup B REBA Responden 6 92
Tabel 4. 33 Skor Total REBA Responden 6 93
Tabel 4. 34 Data Sudut Postur Tubuh Responden 7 94
Tabel 4. 35 Skor Grup A REBA Responden 7 95
Tabel 4. 36 Skor Grup B REBA Responden 7 96
Tabel 4. 37 Skor Total REBA Responden 7 96
Tabel 4. 39 Data Sudut Postur Tubuh Responden 8 97
Tabel 4. 39 Skor Grup A REBA Responden 8 98
Tabel 4. 40 Skor Grup B REBA Responden 8 99
Tabel 4. 41 Skor Total REBA Responden 8 99
Tabel 4. 42 Data Sudut Postur Tubuh Responden 9 101
Tabel 4. 43 Skor Grup A REBA Responden 9 101
Tabel 4. 44 Skor Grup B REBA Responden 9 102
Tabel 4. 45 Skor Total REBA Responden 9 103
Tabel 4. 46 Data Sudut Postur Tubuh Responden 10 104
Tabel 4. 47 Skor Grup A REBA Responden 10 105
Tabel 4. 48 Skor Grup B REBA Responden 10 106
Tabel 4. 49 Skor Total REBA Responden 10 106
Tabel 4. 50 Data Sudut Postur Tubuh Responden 11 107
Tabel 4. 51 Skor Grup A REBA Responden 11 108
Tabel 4. 52 Skor Grup B REBA Responden 11 109
Tabel 4. 54 Skor Total REBA Responden 11 109
Tabel 4. 54 Data Sudut Postur Tubuh Responden 12 111
Tabel 4. 55 Skor Grup A REBA Responden 12 111
Tabel 4. 56 Skor Grup B REBA Responden 12 112
Tabel 4. 58 Skor Total REBA Responden 12 113
Tabel 4. 58 Identifikasi Risiko 114
Tabel 4. 59 Penilaian Risiko 115
Tabel 4. 60 Pemilihan Persentil 141
Tabel 4. 61 Sudut Postur Tubuh REBA Desain Usulan 149
Tabel 4. 62 Skor Grup A REBA Desain Usulan 150
Tabel 4. 63 Skor Grup B REBA Desain Usulan 150
Tabel 4. 64 Skor Total REBA Desain Usulan 151

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Pemetaan Tubuh Nordic Body Map 25
Gambar 2. 2 Lembar Penilaian REBA 28
Gambar 2. 3 Range Pergerakan Puggung 29
Gambar 2. 4 Range Pergerakan Leher 30
Gambar 2. 5 Range Pergerakan Kaki 31
Gambar 2. 6 Range Pergerakan Lengan Atas 32
Gambar 2. 7 Range Pergerakan Lengan Bawah 32
Gambar 2. 8 Range Pergerakan Pergelangan Tangan 33
Gambar 2. 9 Dimensi Tubuh 41
Gambar 3. 1 Klasifikasi Tingkat Risiko REBA 49
Gambar 3. 2 Alur Penelitian 1 53
Gambar 3. 3 Alur Penelitian 2 54
Gambar 4. 1 Pengadukan Responden 1 65
Gambar 4. 2 Pengadukan Responden 2 65
Gambar 4. 3 Pengadukan Responden 3 66
Gambar 4. 4 Pengadukan Responden 4 66
Gambar 4. 5 Pengadukan Responden 5 67
Gambar 4. 6 Pengadukan Responden 6 67
Gambar 4. 7 Pengadukan Responden 7 68
Gambar 4. 8 Pengadukan Responden 8 68
Gambar 4. 9 Pengadukan Responden 9 69
Gambar 4. 10 Pengadukan Responden 10 69
Gambar 4. 11 Pengadukan Responden 11 70
Gambar 4. 12 Pengadukan Responden 12 70
Gambar 4. 13 Pengukuran Sudut Responden 1 74
Gambar 4. 14 Pengukuran Sudut Responden 2 77
Gambar 4. 15 Pengukuran Sudut Responden 3 80
Gambar 4. 16 Pengukuran Sudut Responden 4 84
Gambar 4. 17 Pengukuran Sudut Responden 5 87
Gambar 4. 18 Pengukuran Sudut Responden 6 90
Gambar 4. 19 Pengukuran Sudut Responden 7 94
Gambar 4. 20 Pengukuran Sudut Responden 8 97
Gambar 4. 21 Pengukuran Sudut Responden 9 100
Gambar 4. 22 Pengukuran Sudut Responden 10 104
Gambar 4. 23 Pengukuran Sudut Responden 11 107
Gambar 4. 24 Pengukuran Sudut Responden 12 110
Gambar 4. 25 Uji Keseragaman Data Dimensi Tinggi Siku Berdiri 137
Gambar 4. 26 Keseragaman Data Dimensi Lebar Bahu 138
Gambar 4. 27 Keseragaman Data Dimensi Diameter Genggaman Tangan 139
Gambar 4. 28 Uji Normalitas Data 139
Gambar 4. 29 Desain Usulan 142
Gambar 4. 30 Desain Usulan Tampak Bawah 142
Gambar 4. 31 Desain Usulan Tampak Bawah 143
Gambar 4. 32 Desain Usulan Pawon 1 143
Gambar 4. 33 Desain Usulan Pawon 2 146
Gambar 4. 34 Pengukuran Sudut Desain Usulan 149

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembagangan sektor industri di Indonesia menunjukan tren yang positif dan menjadi salah satu utama pertumbuhan ekonomi nasional. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS), sektor industri pengolahan masih menjadi kontributor terbesar terhadap Produk Domestik Bruto (PDB) Indonesia dengan kontribusi sebesar 19,07% pada tahun 2025, meningkat dibandingkan tahun 2024 sebesar 18,98% dan tahun 2023 sebesar 18,67% (Ayubi Aziz, 2026). Kondisi tersebut menunjukkan bahwa sektor industri pengolahan memiliki peran strategis dalam pembangunan ekonomi nasional. Seiring dengan perkembangan sektor industri, aktivitas kerja yang dilakukan oleh pekerja juga perlu diperhatikan agar dapat berlangsung sesuai dengan kemampuan pekerja, terutama pada pekerjaan yang dilakukan secara manual dan berulang.

Kondisi kerja yang tidak sesuai dengan kemampuan pekerja dapat menyebabkan munculnya berbagai keluhan fisik. Salah satu permasalahan yang berkaitan dengan kondisi tersebut adalah *Musculoskeletal Disorders* (MSDs). *Musculoskeletal Disorders* (MSDs) merupakan gangguan yang terjadi pada sistem muskuloskeletal manusia yang meliputi otot, tendon, ligamen, saraf, tulang, persendian, dan jaringan pendukung lainnya (Tarwaka & Sudiajeng, 2004). Menutut World Health Organization WHO (2022)sekitar 1,71 miliar penduduk dunia mengalami gangguan musculoskeletal. Gangguan muskuloskeletal umumnya disebabkan oleh postur kerja yang tidak ergonomis, aktivitas yang dilakukan secara repetitif, penggunaan tenaga yang berlebihan, serta durasi kerja yang panjang. Paparan terhadap faktor-faktor tersebut dapat menimbulkan keluhan fisik pada pekerja, seperti rasa pegal atau nyeri pada bagian tubuh tertentu. Namun, keluhan berupa pegal atau nyeri yang dirasakan setelah melakukan aktivitas fisik perlu dibedakan dari gangguan muskuloskeletal. Rasa pegal atau nyeri biasa dapat muncul setelah melakukan aktivitas fisik dan dapat berkurang setelah memperoleh waktu istirahat yang cukup (Rahmanda et al., 2026). Sementara itu, MSDs merupakan gangguan pada sistem muskuloskeletal yang dapat melibatkan otot, tendon, ligamen, saraf, sendi, maupun jaringan pendukung lainnya dan dapat berkaitan dengan paparan faktor risiko secara berulang atau dalam waktu yang lama (Rahmanda et al., 2026). Dengan demikian, rasa pegal dan nyeri yang dirasakan pekerja belum dapat secara langsung dinyatakan sebagai MSDs, tetapi dapat menjadi indikasi awal adanya permasalahan ergonomi yang perlu ditinjau lebih lanjut.

Permasalahan ergonomi tersebut menjadi penting untuk diperhatikan pada Usaha Mikro, Kecil, dan Menengah (UMKM), terutama karena sebagian kegiatan produksinya masih mengandalkan aktivitas fisik pekerja. Berdasarkan data Kementerian Koperasi dan UKM Republik Indonesia, jumlah UMKM di Indonesia mencapai lebih dari 64 juta unit usaha. Jumlah tersebut menunjukkan bahwa UMKM merupakan bagian yang luas dalam kegiatan usaha di Indonesia dengan karakteristik proses produksi yang beragam. Salah satu karakteristik yang masih ditemukan pada UMKM adalah penggunaan proses produksi secara manual dengan memanfaatkan peralatan sederhana dan mengandalkan kemampuan fisik pekerja. Permasalahan ergonomi dan risiko gangguan muskuloskeletal tersebut dapat ditemukan pada berbagai jenis pekerjaan, termasuk pada kegiatan produksi yang masih mengandalkan aktivitas fisik pekerja.

Kondisi tersebut tidak terlepas dari berbagai keterbatasan yang dimiliki UMKM dalam melakukan perbaikan kondisi kerja, termasuk keterbatasan sumber daya dan finansial. Selain itu, proses kerja yang dilakukan secara manual serta rendahnya kesadaran dan pemahaman pekerja maupun pelaku usaha mengenai pentingnya ergonomi dapat menjadi hambatan dalam penerapan perbaikan ergonomis di lingkungan kerja. Pemahaman pekerja UMKM di Indonesia terhadap penerapan konsep ergonomi masih tergolong rendah (Hizam, 2024). Kondisi tersebut menunjukkan bahwa keterbatasan sumber daya, kebiasaan kerja konvensional, serta rendahnya *awareness* ergonomi perlu menjadi perhatian dalam upaya meningkatkan kondisi kerja pada UMKM.

Salah satu UMKM yang masih menjalankan proses produksi secara manual dan memiliki kebutuhan untuk melakukan perbaikan pada fasilitas kerja adalah UMKM Nira Nusantara yang bergerak di bidang pengolahan gula jawa di Kabupaten Kebumen. UMKM Nira Nusantara yang berdiri sejak tahun 2019. UMKM ini memiliki kapasitas produksi sekitar 3,2ton gula jawa per hari yang dihasilkan melalui 8 *pawon* (tungku pemasakan). Setiap *pawon* melakukan 8 kali proses pemasakan setiap hari dengan kapasitas sekitar 50 kg nira pada setiap proses pemasakan. Seluruh kegiatan produksi dilakukan oleh 12 orang pekerja yang bertugas pada berbagai tahapan, mulai dari penerimaan nira, pemasakan, pengadukan, hingga pencetakan gula. Dalam beberapa bulan terakhir, permintaan gula jawa mengalami peningkatan, sedangkan fasilitas yang tersedia belum sepenuhnya dapat memenuhi kebutuhan produksi. Meskipun demikian, UMKM Nira Nusantara terus mengalami perkembangan dalam dua tahun terakhir dan memiliki keinginan untuk melakukan perbaikan pada fasilitas dan proses kerja. Dengan jumlah produksi dan permintaan yang cukup tinggi, kegiatan kerja dilakukan

secara berulang setiap hari sehingga kondisi kerja yang ergonomis menjadi penting untuk mendukung kenyamanan, kesehatan, dan produktivitas pekerja.

Berdasarkan hasil observasi awal di UMKM Nira Nusantara, salah satu aktivitas yang memiliki tingkat beban kerja tinggi adalah proses pengadukan nira. Aktivitas tersebut masih dilakukan secara manual menggunakan alat pengaduk berbahan kayu selama proses pemasakan berlangsung. Pekerja melakukan pengadukan secara terus-menerus mulai pukul 07.00 WIB hingga 14.00 WIB dengan posisi berdiri, cenderung membungkuk, serta melakukan gerakan yang bersifat repetitif. Selain itu, pekerja juga terpapar suhu panas yang berasal dari tungku pemasakan selama proses produksi berlangsung. Berdasarkan hasil wawancara awal, pekerja mengeluhkan rasa pegal dan nyeri pada bagian bahu, punggung, pinggang, serta lengan setelah melakukan aktivitas pengadukan. Kondisi tersebut mengindikasikan adanya risiko postur kerja yang tidak ergonomis serta tingginya beban kerja fisik yang berpotensi menimbulkan gangguan muskuloskeletal.

Selain dipengaruhi oleh postur kerja, tingginya risiko ergonomi juga disebabkan oleh desain alat pengaduk yang masih sangat sederhana dan belum dirancang berdasarkan prinsip ergonomi maupun karakteristik antropometri pekerja. Dimensi alat yang tidak sesuai menyebabkan pekerja harus menyesuaikan posisi tubuh selama bekerja sehingga meningkatkan tekanan pada sistem muskuloskeletal. Oleh karena itu, diperlukan evaluasi terhadap postur kerja, beban kerja fisik, serta perancangan ulang alat pengaduk yang sesuai dengan karakteristik antropometri pekerja agar dapat meningkatkan kenyamanan, keselamatan, dan produktivitas kerja.

Berbagai penelitian mengenai evaluasi ergonomi dan perancangan fasilitas kerja telah dilakukan pada berbagai sektor industri. Parningotan & Iskandar (2022) melakukan penelitian pada bagian pemotongan di PT EYZ menggunakan metode REBA dan pendekatan antropometri. Hasil penelitian menunjukkan bahwa fasilitas kerja yang digunakan belum sesuai dengan karakteristik pekerja sehingga menyebabkan keluhan muskuloskeletal. Perancangan ulang fasilitas kerja berdasarkan data antropometri mampu menghasilkan postur kerja yang lebih ergonomis dan meningkatkan kenyamanan kerja pekerja. Baharuddin et al. (2022)melakukan penelitian pada pekerja industri pengolahan kedelai dengan menggunakan metode REBA, *Nordic Body Map* (NBM), dan pendekatan antropometri. Hasil penelitian menunjukkan bahwa aktivitas pencucian kedelai memiliki skor REBA tertinggi sebesar 11 yang termasuk kategori risiko sangat tinggi. Berdasarkan hasil analisis tersebut, dilakukan

perancangan alat bantu kerja ergonomis menggunakan data antropometri sehingga diharapkan dapat mengurangi risiko gangguan muskuloskeletal pada pekerja. Penelitian terbaru dilakukan oleh Hermanto et al. (2025) pada industri manufaktur makanan dengan menggunakan pendekatan *Design Failure Mode and Effects Analysis* (DFMEA). Penelitian tersebut bertujuan mengidentifikasi serta memprioritaskan potensi kegagalan desain area kerja yang menyebabkan pekerja mengalami gangguan muskuloskeletal akibat postur kerja yang tidak ergonomis dan aktivitas kerja berulang. Analisis dilakukan dengan menentukan nilai *Severity* (S), *Occurrence* (O), dan *Detection* (D) untuk memperoleh nilai *Risk Priority Number* (RPN) sebagai dasar penentuan prioritas perbaikan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penyebab utama risiko ergonomi berasal dari desain meja kerja yang tidak sesuai, keterbatasan ruang kerja, kurangnya alat bantu material handling, serta pencahayaan yang kurang memadai. Berdasarkan nilai RPN tertinggi, diusulkan beberapa tindakan perbaikan berupa redesign meja kerja, penambahan alat bantu angkat (*pallet lift*), penggunaan *support belt*, serta perbaikan tata letak area kerja. Penelitian tersebut membuktikan bahwa pendekatan DFMEA mampu mengidentifikasi prioritas kegagalan desain secara sistematis sehingga dapat digunakan sebagai dasar dalam meningkatkan aspek ergonomi di lingkungan kerja.

Berdasarkan kajian penelitian terdahulu, sebagian besar penelitian masih berfokus padaidentifikasi keluhan muskuloskeletal menggunakan metode *Nordic Body Map* (NBM). Analisis postur kerja menggunakan metode *Rapid Entire Body Assessment* (REBA) atau perancangan fasilitas kerja berbasis antropometri secara terpisah. Sementara itu, penelitian yang menggunakan metode *Design Failure Mode and Effects Analysis* (DFMEA) umumnya diterapkan untuk mengidentifikasi potensi kegagalan desain produk atau area kerja tanpa diintegrasikan dengan analisis postur kerja dan data antropometri. Penelitian yang mengombinasikan metode NBM, REBA, DFMEA, dan antropometri dalam perancangan ulang alat kerja ergonomis masih sangat terbatas, khususnya pada industri pengolahan gula jawa yang masih menggunakan proses pengadukan secara manual. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengisi kesenjangan tersebut melalui pendekatan yang mengintegrasikan identifikasi keluhan muskuloskeletal menggunakan NBM, analisis postur kerja menggunakan metode REBA, identifikasi potensi kegagalan desain alat menggunakan metode DFMEA, serta perancangan ulang alat pengaduk berdasarkan karakteristik antropometri pekerja. Pendekatan tersebut diharapkan mampu menghasilkan rancangan alat pengaduk yang lebih ergonomis,

aman, nyaman, dan sesuai dengan karakteristik pengguna sehingga dapat mengurangi risiko gangguan muskuloskeletal serta meningkatkan efektivitas dan produktivitas kerja.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana tingkat keluhan muskuloskeletal yang dirasakan pekerja pada proses pengadukan gula jawa berdasarkan *Nordic Body Map* (NBM)?
2. Bagaimana tingkat risiko postur kerja pekerja pada proses pengadukan gula jawa di UMKM Nira Nusantara berdasarkan metode *Rapid Entire Body Assessment* (REBA)?
3. Bagaimana potensi kegagalan (*failure mode*) pada desain alat pengaduk berdasarkan metode *Design Failure Mode and Effects Analysis* (DFMEA)?
4. Bagaimana rancangan ulang alat pengaduk berdasarkan data antropometri pekerja untuk mengurangi keluhan musculoskeletal dan risiko postur kerja pada proses pengolahan gula jawa di UMKM Nira Nusantara?

1.3 Tujuan Penelitian

Sejalan dengan rumusan masalah yang telah dikemukakan, penelitian ini bertujuan untuk:

1. Mengetahui tingkat keluhan muskuloskeletal yang dirasakan pekerja pada proses pengadukan gula jawa menggunakan *Nordic Body Map* (NBM).
2. Menilai tingkat risiko postur kerja pekerja pada proses pengadukan gula jawa di UMKM Nira Nusantara menggunakan metode *Rapid Entire Body Assessment* (REBA).
3. Mengidentifikasi potensi kegagalan (*failure mode*), penyebab kegagalan (*failure cause*), dampak kegagalan (*failure effect*), serta menentukan prioritas perbaikan desain alat pengaduk menggunakan metode *Design Failure Mode and Effects Analysis* (DFMEA).
4. Merancang ulang alat pengaduk berdasarkan data antropometri pekerja untuk mengurangi risiko postur kerja pada proses pengolahan gula jawa di UMKM Nira Nusantara.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat bagi beberapa pihak yang berkaitan sebagai berikut.

1. Manfaat bagi pemilik UMKM Nira Nusantara
   a. Memberikan informasi mengenai tingkat keluhan muskuloskeletal yang dirasakan pekerja pada proses pengadukan gula jawa menggunakan *Nordic Body Map* (NBM).

b. Memberikan informasi mengenai tingkat risiko postur kerja pekerja pada proses pengadukan gula jawa berdasarkan metode *Rapid Entire Body Assessment* (REBA)**.**
c. Memberikan informasi mengenai potensi kegagalan dan prioritas perbaikan desain alat pengaduk pada proses pengolahan gula jawa berdasarkan metode *Design Failure Mode and Effects Analysis* (DFMEA).
d. Memberikan rekomendasi rancangan ulang alat pengaduk ergonomis berdasarkan data antropometri pekerja.
e. Memberikan usulan rancangan alat pengaduk yang lebih ergonomis sebagai upaya meningkatkan kenyamanan dan keselamatan kerja pekerja serta mendukung efektivitas proses produksi gula jawa di UMKM Nira Nusantara.

2. Manfaat bagi mahasiswa
   a. Menjadi bahan pembelajaran bagi mahasiswa dalam memahami penerapan ergonomi pada kondisi kerja nyata.
   b. Memberikan pengalaman kepada mahasiswa dalam melakukan pengamatan langsung terhadap kondisi kerja pekerja di lapangan.
   c. Menjadi sarana bagi mahasiswa untuk mengembangkan kemampuan berpikir melalui permasalahan kerja yang terjadi di lapangan.
   d. Membantu mahasiswa memahami penggunaan metode *Nordic Body Map* (NBM), *Rapid Entire Body Assessment* (REBA), *Design Failure Mode and Effects Analysis* (DFMEA), dan data antropometri dalam penelitian ergonomi.

1.5 Batasan Penelitian

Agar penelitian lebih terarah dan sesuai dengan tujuan yang telah ditetapkan, maka batasan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian dilakukan pada proses pengadukan gula jawa di UMKM Nira Nusantara.
2. Penilaian keluhan muskuloskeletal dilakukan menggunakan metode *Nordic Body Map* (NBM).
3. Penilaian risiko postur kerja dilakukan menggunakan metode *Rapid Entire Body Assessment* (REBA).
4. Analisis potensi kegagalan desain alat pengaduk dilakukan menggunakan metode *Design Failure Mode and Effects Analysis* (DFMEA).
5. Data antropometri yang digunakan dalam perancangan ulang alat pengaduk disesuaikan dengan dimensi tubuh pekerja yang terlibat dalam proses pengadukan.

6. Perancangan alat kerja dalam penelitian ini dibatasi pada usulan desain, sehingga tidak mencakup tahap pembuatan maupun pengujian prototipe secara langsung di tempat kerja.

BAB II
KAJIAN LITERATUR

2.1 Kajian Literatur

Kajian literatur merupakan bagian penelitian yang berisi pembahasan mengenai berbagai penelitian terdahulu yang berkaitan dengan topik penelitian yang dilakukan. Kajian ini digunakan sebagai landasan teori, acuan metode, serta dasar dalam menentukan arah penelitian. Melalui kajian literatur, peneliti dapat mengetahui perkembangan penelitian sebelumnya, mengidentifikasi metode yang telah digunakan, serta menemukan keterbatasan penelitian (*research gap*) yang dapat dikembangkan. Hasil penelitian terdahulu digunakan sebagai referensi dalam menentukan metode analisis dan pendekatan perancangan alat yang sesuai. Kajian terhadap penelitian sebelumnya juga menjadi dasar dalam menentukan *state of the art* penelitian, yaitu posisi penelitian yang dilakukan terhadap perkembangan penelitian ergonomi yang telah ada.

Penelitian mengenai penerapan ergonomi dalam perancangan dan perbaikan fasilitas kerja telah banyak dilakukan untuk mengurangi risiko gangguan muskuloskeletal serta meningkatkan kesesuaian antara pekerja dan alat kerja. Bora et al. (2025) dalam penelitian berjudul *Application of REBA and QEC Methods in Redesigning Clamping Workstations to Enhance Ergonomic Performance* melakukan *redesain workstation* pada mesin CNC FH8800 untuk meningkatkan kondisi ergonomi pekerja. Penelitian ini menggunakan metode REBA, QEC, dan antropometri untuk mengevaluasi risiko postur kerja serta menentukan dimensi rancangan yang sesuai dengan ukuran tubuh operator. Hasil penelitian menunjukkan bahwa aktivitas kerja memiliki risiko ergonomi tinggi dengan skor REBA sebesar 10 dan tingkat paparan QEC sebesar 61%. Berdasarkan hasil analisis antropometri, dilakukan perubahan tinggi platform kerja dari 120 cm menjadi 64,3 cm untuk mengurangi beban postur kerja dan meningkatkan kesesuaian fasilitas kerja dengan pengguna.

Selain evaluasi risiko postur kerja, pendekatan antropometri juga banyak digunakan dalam menentukan kesesuaian dimensi fasilitas kerja terhadap karakteristik pengguna. Saha et al. (2024) dalam penelitian berjudul *Ergonomic Design of Computer Laboratory Furniture: Mismatch Analysis Utilizing Anthropometric Data of University Students* melakukan perancangan furnitur laboratorium komputer berdasarkan pendekatan ergonomi. Penelitian ini menggunakan metode antropometri melalui pengukuran 11 dimensi tubuh terhadap 380 mahasiswa serta analisis *mismatch* untuk mengetahui kesesuaian antara ukuran tubuh pengguna

dan fasilitas kerja. Selain itu, dilakukan uji *One-Way* ANOVA untuk mengetahui perbedaan antara data antropometri dan dimensi furnitur. Hasil penelitian menunjukkan bahwa 7 dari 11 dimensi furnitur mengalami ketidaksesuaian sehingga diperlukan perbaikan desain berdasarkan data antropometri pengguna. Berdasarkan hasil analisis antropometri, peneliti menghasilkan rekomendasi ukuran furnitur baru yang lebih sesuai dengan karakteristik pengguna sehingga dapat meningkatkan kenyamanan dan mengurangi risiko gangguan muskuloskeletal.

Penggunaan metode analisis postur seperti REBA juga diterapkan pada berbagai aktivitas industri yang memiliki risiko ergonomi tinggi. Gungor & Oguz (2024) dalam penelitian berjudul *Manual Material Handling Risk Assessment in Furniture Industry: REBA Method* melakukan analisis risiko ergonomi pada industri furnitur menggunakan metode REBA. Penelitian ini mengevaluasi 24 aktivitas kerja melalui pengamatan postur tubuh, beban kerja, dan gerakan pekerja. Hasil penelitian menunjukkan bahwa 41,7% aktivitas memiliki risiko ergonomi tinggi hingga sangat tinggi, terutama pada aktivitas membawa rangka sofa dan pemotongan kain. Penelitian merekomendasikan perbaikan melalui *redesain workstation*, penggunaan alat bantu mekanis, dan perbaikan metode kerja untuk mengurangi risiko gangguan muskuloskeletal.

Ashkezari et al. (2024)dalam penelitian berjudul *Fault Tree Analysis Integrated with DFMEA Approach and Combined AHP-TOPSIS Technique to Improve Product Configuration Considering Reliability and Total Cost, A Real-Life Case Study* melakukan perbaikan konfigurasi produk laptop untuk meningkatkan reliabilitas dengan tetap mempertimbangkan biaya pembelian dan garansi. Metode yang digunakan yaitu *Fault Tree Analysis* (FTA) untuk mengidentifikasi penyebab kegagalan, *Design Failure Mode and Effects Analysis* (DFMEA) untuk menganalisis mode, dampak, dan penyebab kegagalan, AHP untuk menentukan bobot kriteria, serta TOPSIS untuk menentukan prioritas kegagalan dan alternatif perbaikan konfigurasi. Hasil analisis menunjukkan bahwa sistem mati ketika menjalankan permainan jaringan menjadi kegagalan paling kritis, sedangkan kerusakan penyimpanan internal menjadi mode kegagalan yang paling utama. Setelah dilakukan perbaikan konfigurasi, nilai reliabilitas meningkat dari 0,70 menjadi 0,80. Namun, total biaya juga meningkat dari 226,29 menjadi 392,67. Hasil tersebut menunjukkan bahwa integrasi FTA, DFMEA, AHP, dan TOPSIS dapat membantu perusahaan menentukan prioritas perbaikan serta memilih konfigurasi produk yang lebih andal dengan mempertimbangkan konsekuensi biaya.

Selain penelitian pada industri manufaktur, pendekatan ergonomi juga banyak diterapkan pada perancangan ulang alat kerja di sektor pertanian untuk mengurangi risiko gangguan muskuloskeletal. Unegbu & Yawasa (2025) dalam penelitian berjudul *Ergonomic Redesign of Farm Tools to Reduce Musculoskeletal Disorders among Nigerian Farmers* melakukan redesain alat pertanian untuk mengurangi risiko gangguan muskuloskeletal pada petani. Metode yang digunakan meliputi antropometri, REBA, RULA, CAD, FEA, EMG, dan RPE dengan melibatkan 220 petani. Hasil penelitian menunjukkan bahwa redesain alat mampu menurunkan risiko postur kerja, mengurangi aktivitas otot lebih dari 30%, serta meningkatkan kenyamanan dan efisiensi kerja pengguna.

Selain perancangan alat pertanian, pendekatan antropometri juga digunakan dalam pengembangan mesin produksi agar ukuran alat sesuai dengan karakteristik pengguna. Mayasti et al. (2023) dalam penelitian berjudul *Design of Rapid Desiccated Air-Tray Dryer Machine with Ergonomic Approach* melakukan evaluasi desain mesin pengering menggunakan pendekatan antropometri. Penelitian dilakukan melalui pengukuran dimensi tubuh pengguna, uji kecukupan dan keseragaman data, perhitungan persentil, serta simulasi desain menggunakan *SolidWorks*. Hasil penelitian menunjukkan adanya ketidaksesuaian antara ukuran mesin dengan dimensi tubuh pengguna sehingga diperlukan penyesuaian desain untuk meningkatkan kenyamanan dan mengurangi risiko ergonomi.

Penerapan kombinasi metode evaluasi ergonomi dan antropometri juga dilakukan pada fasilitas kerja yang digunakan dalam aktivitas produksi. Dinata et al. (2024) dalam penelitian berjudul *Trolley Rack Design for Tea Factory Workers in Indonesia Based on Anthropometric Approach* melakukan perancangan ulang *trolley rack* pada industri teh dengan pendekatan ergonomi. Penelitian ini bertujuan memperbaiki ketidaksesuaian dimensi alat terhadap ukuran tubuh pekerja yang menyebabkan keluhan muskuloskeletal. Metode yang digunakan adalah REBA, *Nordic Body Map*, dan antropometri. REBA digunakan untuk menilai risiko postur kerja, *Nordic Body Map* digunakan untuk mengetahui bagian tubuh yang mengalami keluhan, sedangkan data antropometri digunakan untuk menentukan ukuran rancangan alat yang sesuai. Penelitian dilakukan melalui pengumpulan data postur kerja, penyebaran kuesioner *Nordic Body Map*, pengukuran dimensi tubuh 22 operator, uji normalitas data, perhitungan persentil, hingga redesain dimensi *trolley rack*. Hasil analisis menunjukkan nilai REBA sebesar 6 yang termasuk risiko sedang dan membutuhkan perbaikan, serta 85% pekerja mengalami keluhan pada beberapa bagian tubuh seperti bahu, tangan, punggung, panggul, dan kaki. Berdasarkan

data antropometri, diperoleh rancangan baru dengan ukuran tinggi bahu 126 cm, lebar bahu 33 cm, panjang kaki 13 cm, lebar kaki 11 cm, dan lebar genggaman tangan 5 cm. Redesain tersebut mampu meningkatkan produktivitas pekerja hingga 80%.

Selanjutnya, Ali et al. (2026) dalam penelitian berjudul *Functional Sewing Workstation Design by Analyzing Male Bangladeshi Anthropometric Measurement in the Ready-Made Garment Industry* melakukan penelitian mengenai perancangan *workstation* menjahit yang ergonomis berdasarkan data antropometri pekerja industri garmen. Penelitian ini bertujuan untuk menyesuaikan desain fasilitas kerja dengan ukuran tubuh operator guna mengurangi risiko gangguan muskuloskeletal. Metode yang digunakan adalah antropometri, RULA, dan REBA. Data antropometri diperoleh dari pengukuran 44 dimensi tubuh terhadap 155 operator mesin jahit pria usia 18–30 tahun, kemudian dianalisis menggunakan statistik deskriptif dan nilai persentil sebagai dasar perancangan *workstation*. Hasil penelitian menunjukkan adanya ketidaksesuaian antara ukuran *workstation* awal dengan dimensi tubuh pekerja. Evaluasi ergonomi menggunakan RULA dan REBA menunjukkan bahwa desain awal memiliki risiko tinggi dengan skor RULA 6–7 dan REBA 8–9. Setelah dilakukan perancangan ulang berdasarkan data antropometri, skor risiko menurun menjadi RULA 3–4 dan REBA 4–5, sehingga meningkatkan kenyamanan kerja dan mengurangi potensi cedera.

Ablao et al. (2026) dalam penelitian berjudul *Evaluating Ergonomic Considerations in Redesigning Sustainable Menstrual Product* melakukan perancangan ulang produk menstruasi berkelanjutan dengan mempertimbangkan aspek ergonomi, kenyamanan, keamanan, dan kemudahan penggunaan. Metode yang digunakan meliputi *focus group discussion* terhadap 15 partisipan, survei daring, *Quality Function Deployment* (QFD), TRIZ, *Kepner-Tregoe Decision Analysis* (KTDA), *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA), *Design Failure Mode and Effects Analysis* (DFMEA), pemodelan CAD, serta pembuatan prototipe melalui 3D printing dan cetakan silikon. Hasil penelitian menunjukkan bahwa alternatif desain ketiga memperoleh nilai tertinggi sebesar 4,8 karena dinilai paling baik dalam aspek kenyamanan, pencegahan kebocoran, kemudahan pembersihan, dan kemudahan produksi. Analisis DFMEA menemukan beberapa risiko utama, yaitu produk mudah tergelincir akibat tekstur pegangan yang kurang baik, *pull tab* berpotensi terlepas, bagian tepi tidak menutup sempurna sehingga menimbulkan kebocoran, serta mekanisme lipatan yang sulit digunakan. Berdasarkan hasil tersebut, peneliti mengembangkan menstrual cup berbentuk tampon dengan lipatan bergaya origami, tepi membulat, lubang pengisap, pegangan bertekstur, dan dua pilihan ukuran. Desain akhir dinilai

memiliki potensi meningkatkan kenyamanan dan kemudahan penggunaan, tetapi masih memerlukan pengujian pengguna yang lebih luas, uji klinis, serta evaluasi biaya produksi sebelum diterapkan secara massal.

Pendekatan desain berbasis pengguna juga diterapkan dalam penelitian pengembangan alat tangan ergonomis. Cruz-Ausejo et al. (2026) dalam penelitian berjudul *Designing for Adoption: A Culturally Grounded, 3D-Prototyped Ergonomic Hand Tool for Andean Potato Harvesting* melakukan pengembangan alat panen kentang ergonomis dengan pendekatan *human-centered design*. Penelitian ini bertujuan merancang alat tangan yang sesuai dengan kebutuhan fisik, kebiasaan, dan kondisi budaya petani Andes. Metode yang digunakan adalah pendekatan *mixed-method* dengan kerangka *Double Diamond Design*, yang menggabungkan pengukuran antropometri, analisis postur menggunakan REBA, analisis aktivitas menggunakan *Hierarchical Task Analysis* (HTA), pengukuran aktivitas otot menggunakan *surface electromyography* (SEMG), serta wawancara untuk mengetahui kebutuhan pengguna. Penelitian dilakukan melalui tahap *Discover* dan *Define* dengan melibatkan 12 petani untuk evaluasi fisik dan 13 petani untuk wawancara. Hasil analisis menunjukkan bahwa aktivitas menggali tanah menjadi aktivitas dengan risiko tertinggi dan sebanyak 83,3% peserta memiliki risiko postur tinggi berdasarkan REBA. Berdasarkan hasil tersebut, peneliti mengembangkan konsep alat melalui pembuatan *mock-up* berbahan karton hingga prototipe menggunakan teknologi 3D *printing*. Rancangan akhir menghasilkan gagang teleskopik dengan rentang 84–90,5 cm dan diameter pegangan 39–41 mm yang disesuaikan dengan karakteristik pengguna.

Pada sektor industri pangan, penerapan metode ergonomi juga dilakukan untuk memperbaiki alat produksi yang masih menggunakan proses manual. Khoirul Anam & Febri Satoto (2025) dalam penelitian *Perancangan dan Pembuatan Mesin Mixer Adonan Guna Meminimalisir Tingkat Kelelahan Pekerja dengan Pendekatan REBA* melakukan perancangan mesin *mixer* adonan pada UMKM Kerupuk Ayam Bawang Ibu Sunarti menggunakan metode REBA dan antropometri. REBA digunakan untuk menganalisis risiko postur kerja, sedangkan antropometri digunakan untuk menentukan ukuran mesin sesuai dimensi tubuh pekerja. Hasil awal menunjukkan proses pencampuran memiliki skor REBA 8 dengan kategori risiko tinggi. Berdasarkan hasil analisis, dirancang mesin mixer berkapasitas 75 kg dengan dimensi 85 × 85 × 100 cm. Implementasi mesin mampu meningkatkan kapasitas produksi dan menurunkan risiko ergonomi pekerja dari kategori tinggi menjadi lebih rendah.

Selain metode evaluasi postur dan antropometri, beberapa penelitian mulai menerapkan pendekatan analisis kegagalan desain untuk menentukan prioritas perbaikan produk dalam penelitian Hermanto et al. (2025) berjudul *Perancangan dengan Pendekatan Design Failure Mode and Effect Analysis (DFMEA) untuk Meningkatkan Postur Ergonomi Kerja di Industri Manufaktur* melakukan penelitian mengenai perbaikan ergonomi pada area *packaging* industri manufaktur makanan menggunakan metode DFMEA. Penelitian ini bertujuan mengidentifikasi potensi kegagalan desain kerja yang dapat menyebabkan gangguan muskuloskeletal pada pekerja. Metode yang digunakan meliputi observasi selama 20 hari, kuesioner *Nordic Body Map* (NBM), wawancara dengan *supervisor*, serta analisis risiko menggunakan nilai *Risk Priority Number* (RPN). Hasil penelitian menunjukkan bahwa pekerja mengalami risiko MSDs tinggi terutama pada bagian punggung bawah, leher, dan bahu akibat postur kerja tidak ergonomis serta aktivitas berulang. Berdasarkan analisis DFMEA, beberapa prioritas perbaikan memiliki nilai RPN tinggi, seperti redesain meja *packing* satu arah, penggunaan *pallet lift*, penambahan *stand tool*, dan peningkatan pencahayaan area kerja. Penelitian ini menunjukkan bahwa metode DFMEA dapat digunakan untuk menentukan prioritas perbaikan desain berdasarkan tingkat risiko kegagalan ergonomi.

Penelitian serupa juga dilakukan oleh Wijaya et al. (2022) dalam penelitian berjudul *Penerapan DFMEA pada Perancangan Produk Casing Lampu Berbahan Dasar Bambu* melakukan perbaikan desain produk casing lampu pada UMKM KIM Warga Peduli untuk mengurangi kerusakan produk dan keluhan konsumen. Penelitian menggunakan metode *Design Failure Mode and Effects Analysis* (DFMEA) dengan menilai tingkat *severity*, *occurrence*, dan *detection*, kemudian menghitung *Risk Priority Number* (RPN) untuk menentukan prioritas perbaikan. Data dikumpulkan melalui observasi, wawancara terhadap lima orang pekerja, wawancara konsumen, serta pengamatan terhadap produk gagal dan produk yang dikembalikan konsumen. Hasil analisis menunjukkan bahwa mode kegagalan dengan nilai RPN tertinggi adalah kesulitan mengganti lampu dengan nilai RPN sebesar 240, yang disebabkan oleh lubang *casing* terlalu dalam. Risiko berikutnya adalah komponen bambu mudah pecah dengan RPN 140 dan *casing* mudah jatuh ketika terguncang dengan RPN 126. Berdasarkan hasil tersebut, peneliti merancang ulang casing lampu menggunakan sistem rakitan atau bongkar pasang, melakukan perendaman bambu selama 15 hari, menambahkan kayu jati belanda pada bagian bawah produk, memperbaiki dudukan *fitting*, serta mengganti beberapa komponen kelistrikan.

Rancangan baru kemudian diwujudkan dalam bentuk prototipe dengan desain yang mengadaptasi bangunan leuit sebagai ciri budaya lokal Banten.

(Syarif et al. (2024) dalam penelitian berjudul *Perancangan Alat Pengiris Singkong Otomatis Untuk Menurunkan Risiko Cidera Menggunakan Metode RULA dan REBA* melakukan perancangan alat bantu pengiris singkong pada UMKM keripik nangtulang untuk mengurangi risiko cedera kerja. Metode yang digunakan yaitu *Nordic Body Map* (NBM) untuk mengidentifikasi keluhan pekerja, RULA untuk menganalisis risiko postur tubuh bagian atas, REBA untuk menilai risiko postur seluruh tubuh, serta antropometri untuk menentukan ukuran rancangan alat. Hasil analisis menunjukkan bahwa aktivitas pengirisan manual memiliki risiko ergonomi tinggi. Perhitungan menunjukkan skor RULA sebesar 7 dan REBA sebesar 12, sehingga diperlukan perbaikan segera. Berdasarkan hasil tersebut, peneliti merancang mesin pengiris singkong otomatis dengan mempertimbangkan data antropometri pekerja. Setelah dilakukan redesain, skor RULA menurun menjadi 4 dan skor REBA menjadi 2, yang menunjukkan penurunan tingkat risiko cedera dan peningkatan kenyamanan kerja pekerja.

Pada aktivitas produksi makanan yang membutuhkan tenaga besar dan gerakan berulang, penelitian Hidayatullah et al. (2023) dalam penelitian *Perancangan Alat Pengaduk Dodol Ergonomis untuk Mengurangi Cedera pada Pekerja* melakukan perancangan alat pengaduk dodol untuk mengatasi permasalahan kelelahan dan risiko cedera akibat aktivitas pengadukan manual yang dilakukan secara berulang. Penelitian ini menggunakan metode *Ergonomic Function Deployment* (EFD), antropometri, dan *Rapid Entire Body Assessment* (REBA). EFD digunakan untuk mengidentifikasi kebutuhan operator terhadap alat yang dirancang, antropometri digunakan untuk menentukan ukuran alat sesuai dimensi tubuh pekerja, sedangkan REBA digunakan untuk mengevaluasi tingkat risiko postur kerja. Hasil penelitian menunjukkan bahwa rancangan alat pengaduk dodol ergonomis mampu memperbaiki kondisi kerja operator. Berdasarkan evaluasi REBA, rancangan alat memperoleh skor 2 dengan kategori risiko rendah, sedangkan kondisi awal memiliki skor 5 dengan kategori risiko sedang. Selain itu, rancangan alat dibuat berdasarkan data antropometri pekerja agar lebih sesuai dengan ukuran tubuh pengguna. Biaya pembuatan alat sebesar Rp4.080.000, sehingga rancangan dinilai mampu mengurangi risiko cedera serta meningkatkan kenyamanan pekerja saat melakukan aktivitas pengadukan.

Tabel 2. 1 Kajian Literatur

No	Judul	Penulis dan Tahun	Metode			
			REBA	NBM	DFMEA	Antropometri
1.	Penerapan DFMEA pada Perancangan Produk Casing Lampu Berbahan Dasar Bambu	Wijaya et al. (2022)			✓	
2.	Perancangan Alat pengaduk Dodol Ergonomis untuk Mengurangi Cedera pada Pekerja	Hidayatullah et al. (2023)	✓			✓
3.	*Design of rapid desiccated air-tray dryer machine with ergonomic approach*	Mayasti et al. (2023)				✓
4.	*Ergonomic Design of Computer Laboratory Furniture: Mismatch Analysis Utilizing Anthropometric Data of University Students*	Saha et al., (2024)				✓
5.	*Ergonomic Risk Assessment in Furniture Industry: REBA Method*	Gungor & Oguz (2024)	✓			
6.	*Fault Tree Analysis Integrated with DFMEA Approach and Combined AHP-TOPSIS Technique to*	Ashkezari et al. (2024)			✓	

No	Judul	Penulis dan Tahun	Metode			
			REBA	NBM	DFMEA	Antropometri
	Improve Product Configuration Considering Reliability and Total Cost, A Real-Life Case Study					
7.	*TROLLEY RACK DESIGN FOR TEA FACTORY WORKERS IN INDONESIA BASED ON ANTHROPOMETRIC APPROACH*	Dinata et al. (2024)	✓	✓		✓
8.	Perancangan Alat Pengiris Singkong Otomatis untuk Menurunkan Resiko Cidera Menggunakan Metode RULA dan REBA	Syarif et al. (2024)	✓	✓		✓
9.	Perancangan dan Pembuatan Mesin MixerAdonan Guna Meminimalisir Tingkat Kelelahan Pekerja dengan Pendekatan REBA(Rapid Entire Body Asessment)	(Khoirul Anam & Febri Satoto (2025)	✓			✓

No	Judul	Penulis dan Tahun	Metode			
			REBA	NBM	DFMEA	Antropometri
10.	Perancangan dengan Pendekatan *Design Failure Mode and Effect Analysis* (DFMEA) untuk Meningkatkan Postur Ergonomi Kerja di Industri Manufaktur	Hermanto et al. (2025)		✓	✓	
11.	*Application of REBA and QEC Methods in Redesigning Clamping Workstations to Enhance Ergonomic Performance*	Bora et al., 2025)	✓			✓
12.	*Ergonomic Redesign of Farm Tools to Reduce Musculoskeletal Disorders among Nigerian Farmers*	(Unegbu & Yawasa, 2025)	✓			
13.	*Functional Sewing Workstation Design by Analyzing Male Bangladeshi Anthropometric Measurement in the Ready-Made Garment Industry*	(Ali et al., 2026)	✓			✓
14.	*Evaluating Ergonomic Considerations in*	(Ablao et al., 2026)			✓	

No	Judul	Penulis dan Tahun	Metode			
			REBA	NBM	DFMEA	Antropometri
	Redesigning Sustainable Menstrual Product					
15.	*Designing for Adoption: A Culturally Grounded, 3D-Prototyped Ergonomic Hand Tool for Andean Potato Harvesting*	(Cruz-Ausejo et al., 2026)	✓	✓		
16.	Perancangan Ulang Alat Pengaduk Gula Jawa Berdasarkan Analisis Postur Kerja dan Prioritas Risiko Kegagalan Desain (RPN)		✓	✓	✓	✓

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Ergonomi

Istilah ergonomi berasal dari bahasa Yunani, yaitu *ergon* yang berarti kerja dan *nomos* yang berarti aturan atau hukum. Secara etimologis, ergonomi dapat diartikan sebagai ilmu yang mempelajari hubungan antara manusia dengan pekerjaannya agar tercipta kesesuaian antara kemampuan manusia, alat kerja, metode kerja, serta lingkungan kerja. Ergonomi merupakan ilmu multidisiplin yang mengintegrasikan berbagai bidang ilmu, seperti anatomi, fisiologi, psikologi, biomekanika, antropometri, teknik (*engineering*), manajemen, dan desain perancangan untuk menciptakan sistem kerja yang aman, nyaman, sehat, efektif, dan efisien (Nurmianto, 2008).

Menurut International Ergonomics Association (2000), ergonomi adalah disiplin ilmu yang mempelajari interaksi antara manusia dengan unsur-unsur lain dalam suatu sistem, serta profesi yang menerapkan teori, prinsip, data, dan metode untuk merancang sistem kerja

sehingga mampu mengoptimalkan kesejahteraan manusia dan kinerja sistem secara keseluruhan. Definisi tersebut menunjukkan bahwa ergonomi tidak hanya berfokus pada peningkatan produktivitas, tetapi juga memperhatikan aspek keselamatan, kesehatan, dan kenyamanan pekerja selama melakukan aktivitas kerja.

Dalam perkembangannya, ergonomi tidak hanya berfokus pada aspek fisik pekerja, tetapi juga mencakup aspek mental, organisasi, dan interaksi manusia dengan teknologi. Oleh karena itu, IEA mengelompokkan ergonomi menjadi tiga bidang utama, yaitu ergonomi fisik (*physical ergonomics*), ergonomi kognitif (*cognitive ergonomics*), dan ergonomi organisasi (*organizational ergonomics*) (International Ergonomics Association, 2000). Ketiga bidang tersebut saling berkaitan dalam menciptakan sistem kerja yang optimal.

1. Ergonomi Fisik (*Physical Ergonomics*)

   Ergonomi fisik berkaitan dengan karakteristik anatomi, antropometri, fisiologi, dan biomekanika manusia yang berhubungan dengan aktivitas fisik selama bekerja. Bidang ini membahas berbagai aspek, seperti postur kerja, aktivitas angkat-angkut manual (*manual material handling*), gerakan berulang, gangguan muskuloskeletal (*Work-related Musculoskeletal Disorders/WMSDs*), tata letak tempat kerja, penggunaan alat kerja, hingga keselamatan kerja. Ergonomi fisik merupakan bidang yang paling banyak diterapkan dalam industri manufaktur karena berhubungan langsung dengan aktivitas pekerja.
2. Ergonomi Kognitif (*Cognitive Ergonomics*)

   Ergonomi kognitif berkaitan dengan proses mental manusia, seperti persepsi, perhatian, daya ingat, pengambilan keputusan, pembelajaran, dan interaksi manusia dengan sistem maupun teknologi. Bidang ini bertujuan mengurangi beban kerja mental, meningkatkan keandalan manusia (*human reliability*), meminimalkan kesalahan kerja (*human error*), serta meningkatkan efektivitas pengambilan keputusan dalam lingkungan kerja.
3. Ergonomi Organisasi (*Organizational Ergonomics*)

   Ergonomi organisasi berfokus pada optimalisasi sistem kerja secara menyeluruh melalui pengelolaan struktur organisasi, komunikasi, pembagian tugas, sistem kerja, waktu kerja, kerja sama tim, serta kebijakan organisasi. Penerapan ergonomi organisasi bertujuan meningkatkan efisiensi organisasi sekaligus menciptakan lingkungan kerja yang sehat dan produktif.

1. Tujuan Ergonomi

Secara umum, tujuan penerapan ergonomi adalah menciptakan sistem kerja yang mampu mengoptimalkan keseimbangan antara kebutuhan pekerjaan dengan kemampuan manusia. Menurut Tarwaka & Sudiajeng (2004), tujuan ergonomi meliputi:

1. Meningkatkan keselamatan dan kesehatan kerja.
2. Mengurangi risiko kecelakaan kerja dan penyakit akibat kerja.
3. Mengurangi kelelahan fisik maupun mental.
4. Meningkatkan kenyamanan pekerja dalam melakukan aktivitas kerja.
5. Menyesuaikan alat, metode, dan lingkungan kerja dengan karakteristik pekerja.
6. Meningkatkan efektivitas, efisiensi, kualitas, dan produktivitas kerja.
7. Prinsip Ergonomi

Menurut (Nurmianto (2008), penerapan ergonomi didasarkan pada beberapa prinsip, yaitu:

1. Menyesuaikan pekerjaan dengan kemampuan manusia (*fit the job to the worker*).
2. Meminimalkan postur kerja yang tidak alamiah.
3. Mengurangi penggunaan gaya atau tenaga yang berlebihan.
4. Menyesuaikan dimensi alat kerja dengan data antropometri pengguna.
5. Mengurangi gerakan kerja yang tidak perlu.
6. Menciptakan lingkungan kerja yang aman, nyaman, dan sehat.
7. Meningkatkan efisiensi serta produktivitas kerja.

2. Manfaat Penerapan Ergonomi

Penerapan ergonomi memberikan berbagai manfaat bagi pekerja maupun perusahaan. Bagi pekerja, ergonomi dapat meningkatkan kenyamanan kerja, mengurangi kelelahan, menurunkan risiko gangguan muskuloskeletal, serta meningkatkan keselamatan kerja. Sementara bagi perusahaan, ergonomi mampu meningkatkan produktivitas, memperbaiki kualitas hasil kerja, mengurangi angka kecelakaan kerja, menekan biaya akibat cedera kerja, dan meningkatkan efisiensi proses produksi.

2.2.2 Postur Kerja

Postur kerja merupakan posisi atau sikap tubuh yang diadopsi pekerja saat melakukan suatu aktivitas kerja. Postur kerja menjadi salah satu aspek penting dalam ergonomi karena berkaitan langsung dengan kenyamanan, keselamatan, kesehatan, serta produktivitas kerja. Postur kerja yang sesuai dengan prinsip ergonomi memungkinkan pekerja melakukan aktivitas dengan beban otot dan sendi yang minimal, sedangkan postur kerja yang tidak ergonomis dapat

meningkatkan risiko kelelahan, cedera, dan gangguan muskuloskeletal (*Musculoskeletal Disorders* atau MSDs).

Postur kerja merupakan posisi tubuh pekerja selama melakukan aktivitas kerja yang dipengaruhi oleh karakteristik pekerjaan, peralatan kerja, dan lingkungan kerja (Tarwaka & Sudiajeng, 2004). Postur kerja yang tidak sesuai dengan kemampuan tubuh manusia dapat menyebabkan ketidaknyamanan, kelelahan, penurunan produktivitas, hingga gangguan kesehatan akibat kerja. Berdasarkan posisi tubuh, postur kerja juga dibedakan berdasarkan karakteristik gerakannya menjadi postur kerja statis dan postur kerja dinamis.

1. Postur kerja statis merupakan posisi tubuh yang dipertahankan dalam jangka waktu tertentu dengan sedikit atau tanpa perubahan gerakan. Pada kondisi ini, otot bekerja secara terus-menerus untuk mempertahankan posisi tubuh sehingga dapat menghambat aliran darah menuju otot. Akibatnya, pekerja lebih cepat mengalami kelelahan, ketidaknyamanan, dan peningkatan risiko gangguan muskuloskeletal apabila postur tersebut dipertahankan dalam waktu yang lama.
2. Postur kerja dinamis merupakan posisi kerja yang melibatkan perubahan gerakan tubuh secara terus-menerus selama melakukan aktivitas kerja. Gerakan tersebut dapat berupa berjalan, mengangkat, mendorong, menarik, memutar tubuh, maupun menggerakkan anggota tubuh secara berulang. Dibandingkan postur statis, postur dinamis dapat membantu memperlancar sirkulasi darah karena terjadi kontraksi dan relaksasi otot secara bergantian. Namun, apabila dilakukan secara berulang dengan postur yang tidak ergonomis atau menggunakan gaya yang besar, postur kerja dinamis tetap berpotensi menimbulkan kelelahan dan gangguan muskuloskeletal.

Dalam ergonomi, postur kerja dibedakan menjadi dua kategori utama, yaitu postur netral (*neutral posture*) dan postur tidak netral (*awkward posture*), yang dijelaskan sebagai berikut.

1. Postur Netral (*Neutral Posture*)

Postur netral merupakan posisi tubuh yang mempertahankan keselarasan alami antara kepala, leher, tulang belakang, lengan, dan tungkai sehingga tekanan pada otot, ligamen, serta sendi berada pada tingkat minimum. Posisi ini memungkinkan tubuh bekerja secara efisien dengan penggunaan energi yang lebih rendah serta mengurangi risiko kelelahan dan gangguan muskuloskeletal. Contoh postur netral meliputi:

a. Kepala dan leher berada pada posisi tegak atau sedikit menunduk.
b. Bahu dalam posisi rileks dan tidak terangkat.

c. Punggung mempertahankan kurva alami tulang belakang.
d. Siku membentuk sudut sekitar 90°–110°.
e. Pergelangan tangan berada pada posisi lurus (tidak menekuk ke atas, ke bawah, maupun ke samping).
f. Pinggul dan lutut membentuk sudut sekitar 90° saat duduk.
g. Kedua kaki bertumpu secara stabil pada lantai atau pijakan kaki.

2. Postur Tidak Netral (*Awkward Posture*)

Postur tidak netral merupakan posisi tubuh yang menyimpang dari posisi alami sehingga meningkatkan tekanan pada otot, ligamen, tendon, dan sendi. Apabila postur ini dilakukan secara berulang atau dipertahankan dalam waktu yang lama, risiko terjadinya kelelahan, cedera, dan gangguan muskuloskeletal akan meningkat. Contoh postur tidak netral meliputi:

a. Membungkuk atau menekuk punggung secara berlebihan.
b. Memutar leher atau badan secara terus-menerus.
c. Mengangkat lengan melebihi tinggi bahu dalam waktu lama.
d. Menjangkau objek terlalu jauh dari tubuh.
e. Pergelangan tangan menekuk secara berlebihan (*flexion*, *flexion*, atau *deviation*).
f. Berjongkok atau berlutut dalam durasi yang lama.
g. Berdiri atau duduk dengan posisi yang sama tanpa perubahan dalam waktu yang lama.

Dalam melakukan penilaian postur kerja, terdapat beberapa metode yang dapat digunakan, yaitu sebagai berikut:

1. *Rapid Entire Body Assessment* (REBA)

   Rapid Entire Body Assessment (REBA) merupakan metode yang digunakan untuk menilai risiko seluruh tubuh (Hignett & McAtamney, 2000). Metode REBA mempertimbangkan posisi tubuh, beban atau gaya yang diterima, aktivitas otot, serta perubahan postur selama melakukan pekerjaan. Penilaian dilakukan terhadap kelompok A yang meliputi leher, batang tubuh, dan kaki serta kelompok B yang meliputi lengan atas, lengan bawah, dan pergelangan tangan. Hasil penilaian berupa skor yang menunjukkan tingkat risiko dan kebutuhan tindakan perbaikan.

2. *Rapid Upper Limb Assessment* (RULA)

   Rapid Upper Limb Assessment (RULA) merupakan metode penilaian postur kerja yang berfokus pada bagian tubuh atas, terutama lengan atas, lengan bawah, pergelangan tangan, leher, dan batang tubuh(McAtamney & Corlett, 1993). Metode ini digunakan

untuk mengidentifikasi risiko gangguan muskuloskeletal yang berkaitan dengan postur kerja, penggunaan otot, dan gaya atau beban yang diterima pekerja. RULA sesuai digunakan pada pekerjaan yang banyak melibatkan aktivitas anggota tubuh bagian atas dan gerakan berulang . Metode RULA menghasilkan tingkat tindakan yang menunjukkan kebutuhan investigasi dan perbaikan terhadap postur kerja.

3. *Ovako Working Posture Analysis System* (OWAS)

   Ovako Working Posture Analysis System (OWAS) merupakan metode yang digunakan untuk mengidentifikasi dan mengevaluasi postur tubuh pekerja selama melakukan aktivitas kerja(Karhu et al., 1977). Penilaian OWAS dilakukan berdasarkan posisi punggung, lengan, kaki, serta beban yang ditangani pekerja. Kombinasi dari posisi tersebut menghasilkan kategori tindakan yang menunjukkan tingkat risiko dan kebutuhan perbaikan. OWAS merupakan salah satu metode observasional yang banyak digunakan untuk mengevaluasi postur kerja dalam aktivitas industri.

4. *Quick Exposure Check* (QEC)

   Quick Exposure Check (QEC) merupakan metode penilaian risiko ergonomi yang digunakan untuk mengevaluasi tingkat paparan pekerja terhadap faktor risiko gangguan muskuloskeletal(Li & Buckle, 1998). Penilaian QEC mencakup beberapa bagian tubuh, seperti punggung, bahu atau lengan, pergelangan tangan, dan leher. Selain postur kerja, QEC juga mempertimbangkan faktor seperti durasi pekerjaan, gerakan berulang, gaya yang digunakan, dan beban kerja. Dengan demikian, QEC dapat digunakan untuk memperoleh gambaran tingkat paparan risiko ergonomi yang dialami pekerja.

5. *Posture Evaluation Index* (PEI)

   Posture Evaluation Index (PEI) merupakan metode yang digunakan untuk mengevaluasi kondisi ergonomi postur kerja dengan mengintegrasikan hasil dari tiga metode penilaian, yaitu *Low Back Analysis* (LBA), *Ovako Working Posture Analysis System* (OWAS), dan *Rapid Upper Limb Assessment* (RULA). PEI dikembangkan sebagai pendekatan analisis dalam lingkungan virtual dengan menggunakan model manusia digital sehingga dapat digunakan untuk mengevaluasi berbagai konfigurasi desain stasiun kerja(Muslim et al., 2011). Nilai PEI diperoleh dengan menggabungkan hasil ketiga metode tersebut sehingga dapat digunakan sebagai indikator untuk membandingkan beberapa alternatif konfigurasi kerja.

6. *Plan for Identifying and Loading Ergonomic Factors* (PLIBEL)

Plan for Identifying and Loading Ergonomic Factors (PLIBEL) merupakan metode berbentuk *checklist* yang digunakan untuk mengidentifikasi faktor risiko atau bahaya ergonomi pada berbagai bagian tubuh pekerja(Kemmlert, 1995). Metode ini dikembangkan oleh Kemmlert untuk mengidentifikasi karakteristik pekerjaan yang berkaitan dengan risiko gangguan muskuloskeletal. PLIBEL mencakup identifikasi faktor seperti postur tidak sesuai, gerakan yang melelahkan, desain alat atau tempat kerja yang kurang sesuai, serta kondisi lingkungan dan organisasi kerja yang dapat berkontribusi terhadap risiko ergonomic.

2.2.3 *Musculoskeletal Disorders* (MSDs)

Musculoskeletal Disorders (MSDs) merupakan gangguan yang terjadi pada sistem muskuloskeletal manusia yang meliputi otot, tendon, ligamen, saraf, tulang, persendian, dan jaringan pendukung lainnya (Tarwaka & Sudiajeng, 2004). Gangguan ini umumnya muncul akibat adanya paparan faktor risiko ergonomi secara berulang, seperti postur kerja yang tidak sesuai, aktivitas dengan gerakan berulang (*repetitive motion*), penggunaan gaya berlebih (*force exertion*), serta durasi kerja yang panjang.

Menurut World Health Organization (2022)gangguan muskuloskeletal merupakan salah satu penyebab utama terjadinya disabilitas di seluruh dunia. Gangguan ini dapat memengaruhi kemampuan seseorang dalam melakukan aktivitas sehari-hari maupun pekerjaan. Keluhan MSDs dapat muncul pada berbagai bagian tubuh, terutama daerah punggung bawah, leher, bahu, pergelangan tangan, tangan, dan lutut.

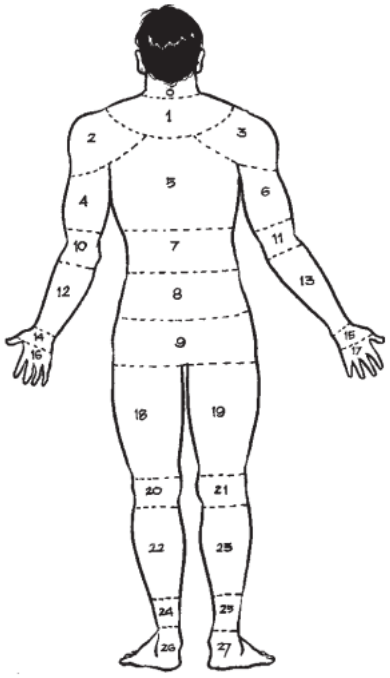
Dalam lingkungan kerja, MSDs sering dikaitkan dengan ketidaksesuaian antara tuntutan pekerjaan dan kemampuan fisik pekerja. Aktivitas kerja yang dilakukan dengan posisi tubuh yang tidak ergonomis dapat meningkatkan beban biomekanik pada struktur tubuh tertentu. Apabila kondisi tersebut berlangsung secara terus menerus, jaringan otot dan rangka dapat mengalami kelelahan yang kemudian berkembang menjadi gangguan muskuloskeletal.

2.2.4 *Nordic Body Map*

Nordic Body Map merupakan metode penilaian subjektif untuk mengidentifikasi keluhan muskuloskeletal pada bagian tubuh pekerja, mulai dari tingkat agak sakit hingga sangat sakit (Tarwaka & Sudiajeng, 2004). Penilaian dilakukan menggunakan lembar kerja berupa peta tubuh, sehingga lokasi keluhan yang dirasakan pekerja dapat diidentifikasi secara sistematis.

Dalam penerapannya, pekerja diminta memberikan penilaian terhadap keluhan yang dirasakan pada bagian tubuh tertentu. NBM memetakan 28 bagian tubuh dengan Sembilan

tubuh bagian utama meliputi leher, bahu, punggung bagian ats, punggung bagian bawah, pinggang, lutut dan tumit. Pemetaan bagian tubuh pada metode *Nordic Body Map* (NBM) dapat ditunjukan pada gambar 2.1.



Gambar 2. 1 Pemetaan Tubuh *Nordic Body Map*

Sumber: Tarwaka & Sudiajeng (2004)

Tabel 2. 2 Kuisioner *Nordic Body Map*

No	Jenis Keluhan	Tingkat Keluhan			
		1	2	3	4
0	Sakit atau kaku di leher bagian atas				
1	Sakit atau kaku di leher bagian bawah				
2	Sakit pada bahu kiri				
3	Sakit pada bahu kanan				
4	Sakit pada lengan atas kiri				
5	Sakit di punggung				
6	Sakit pada lengan atas kanan				
7	Sakit pada pinggang				
8	Sakit pada bokong				
9	Sakit pada pantat				
10	Sakit pada siku kiri				

No	Jenis Keluhan	Tingkat Keluhan			
		1	2	3	4
11	Sakit pada siku kanan				
12	Sakit pada lengan bawah kiri				
13	Sakit pada lengan bawah kanan				
14	Sakit pada pergelangan tangan kiri				
15	Sakit pada pergelangan tangan kanan				
16	Sakit pada tangan kiri				
17	Sakit pada tangan kanan				
18	Sakit pada paha kiri				
19	Sakit pada paha kanan				
20	Sakit pada lutut kiri				
21	Sakit pada lutut kanan				
22	Sakit pada betis kiri				
23	Sakit pada betis kanan				
24	Sakit pada pergelangan kaki kiri				
25	Sakit pada pergelangan kaki kanan				
26	Sakit pada kaki kiri				
27	Sakit pada kaki kanan				

Penilaian pada kuesioner *Nordic Body Map* (NBM) dilakukan dengan menggunakan sistem pembobotan yang terbagi ke dalam empat kategori tingkat keluhan. Kategori dan pembobotan tingkat keluhan tersebut disajikan pada tabel 2.2.

1. Skala tidak sakit diberikan bobot nilai 1
2. Skala agak sakit diberi bobot nilai 2
3. Skala sakit diberi bobot nilai 3
4. Skala sangat sakit diberi bobot nilai 4.

2.2.5 *Rapid Entire Body Assessment* (REBA)

Rapid Entire Body Assessment (REBA) merupakan metode yang digunakan untuk menilai risiko seluruh tubuh(Hignett & McAtamney, 2000). Metode ini dikembangkan oleh Sue Hignett dan Lynn McAtamney pada tahun 2000 dan dipublikasikan dalam jurnal *Applied Ergonomics*. REBA dirancang sebagai metode observasi yang mampu menilai seluruh bagian tubuh secara cepat pada pekerjaan yang melibatkan aktivitas dinamis, penanganan material secara manual

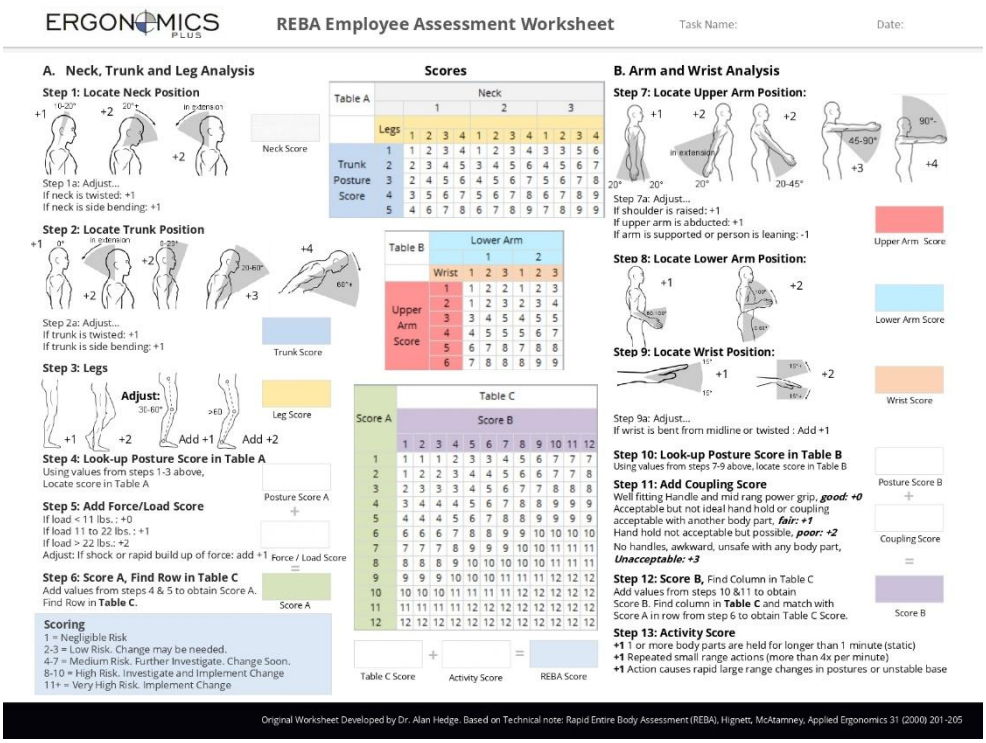
(*manual material handling*), serta pekerjaan dengan variasi postur yang tinggi (Hignett & McAtamney, 2000).

Metode REBA dikembangkan sebagai penyempurnaan dari metode penilaian postur yang telah ada sebelumnya. Menurut Hignett & McAtamney (2000), beberapa metode terdahulu belum mampu mengevaluasi pekerjaan yang melibatkan perubahan postur secara cepat dan penggunaan seluruh anggota tubuh secara bersamaan. Oleh karena itu, REBA dirancang agar dapat digunakan pada berbagai jenis pekerjaan dengan proses penilaian yang relatif sederhana, tetapi tetap mampu mengidentifikasi tingkat risiko ergonomi secara komprehensif.

Secara umum, prosedur REBA mencakup dokumentasi postur kerja, pengukuran sudut setiap segmen tubuh, penetapan skor Grup A dan Grup B, penambahan skor beban atau gaya serta kualitas pegangan, dan penggabungan skor dengan faktor aktivitas. Tahapan tersebut digunakan untuk memperoleh skor akhir REBA dan menentukan tingkat tindakan perbaikan ergonomi. Adapun langkah-langkah penilaian menggunakan metode *Rapid Entire Body Assessment* (REBA) dijelaskan sebagai berikut:

1. Pengambilan data postur pekerja menggunakan video atau foto Pengambilan data dilakukan dengan merekam atau memotret pekerja ketika menjalankan aktivitas yang akan dianalisis. Dokumentasi harus memperlihatkan posisi leher, batang tubuh, lengan atas, lengan bawah, pergelangan tangan, dan kaki secara jelas. Rekaman atau foto kemudian digunakan untuk memilih postur yang paling sering dilakukan, dipertahankan paling lama, atau diperkirakan memberikan beban paling besar pada tubuh.

2. Penentuan sudut-sudut bagian tubuh pekerja



Gambar 2. 2 Lembar Penilaian REBA

Sumber : Hignett & McAtamney (2000)

Setelah diperoleh hasil rekaman atau foto, peneliti menentukan besar sudut dari setiap segmen tubuh pekerja terhadap posisi netral dengan mengacu pada lembar penilaian REBA. Segmen yang diukur meliputi punggung atau batang tubuh, leher, kaki, lengan atas, lengan bawah, dan pergelangan tangan. Dalam lembar penilaian tersebut, segmen tubuh dibedakan menjadi dua kelompok. Grup A terdiri atas batang tubuh, leher, dan kaki, sedangkan Grup B terdiri atas lengan atas, lengan bawah, dan pergelangan tangan. Skor setiap segmen ditentukan berdasarkan rentang sudut dan penyesuaian postur, seperti gerakan memutar, miring ke samping, bahu terangkat, atau pergelangan tangan menyimpang. Skor Grup A dimasukkan ke Tabel A, sedangkan skor Grup B dimasukkan ke Tabel B. Pembagian kedua kelompok tersebut ditunjukkan pada.

a. Penilaian Postur Grup A

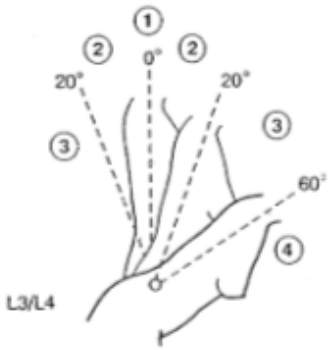
Grup A mencakup batang tubuh, leher, dan kaki. Skor setiap segmen ditentukan dari posisi dasar, kemudian disesuaikan apabila terdapat gerakan memutar, miring ke samping, atau fleksi lutut yang besar.

1) Punggung atau Batang Tubuh

Penilaian postur punggung atau batang tubuh dilakukan berdasarkan besar sudut fleksi dan ekstensi terhadap posisi tegak. Posisi tegak atau alamiah memperoleh skor paling rendah. Skor akan meningkat apabila batang tubuh semakin membungkuk ke depan atau mengalami ekstensi ke belakang. Tambahan satu poin diberikan apabila batang tubuh memutar atau miring ke samping. Pada tabel 2.3 disajikan Gerakan punggung beserta rentang sudut pergerakannya.

Tabel 2. 3 Skor Pergerakan Punggung

Pergerakan	Skor	Penambahan Skor
Tegak/alamiah	1	+1 jika memutar atau miring ke samping
0°-20° *flexion*	2	
0°-20° *flexion*		
20°-60°	3	
> 20° *flexion*		
> 60° *flexion*	4	



Gambar 2. 3 Range Pergerakan Puggung

Sumber : Hignett & McAtamney (2000)

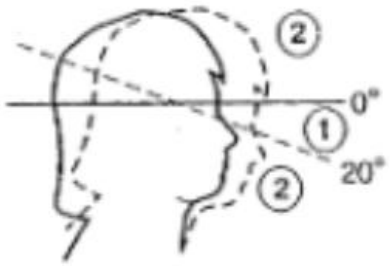
Berdasarkan gambar 2.3 postur kerja dikelompokkan menjadi empat kategori sesuai dengan besar sudut fleksi batang tubuh, yaitu postur alamiah, postur dengan fleksi 0–20°, postur dengan fleksi 20–60°, serta postur dengan fleksi mencapai 60° atau lebih.

2) Leher

Penilaian leher didasarkan pada sudut fleksi atau ekstensi kepala terhadap batang tubuh. Posisi fleksi sampai 20° memperoleh skor 1. Fleksi lebih dari 20° atau posisi ekstensi memperoleh skor 2. Tambahan satu poin diberikan jika leher berputar atau miring ke samping. Gerakan leher beserta rentang sudut pergerakannya disajikan pada tabel 2.4.

Tabel 2. 4 Skor Pergerakan Leher

Pergerakan	Skor	Penambahan Skor
0°-20° *flexion*	1	+1 jika memutar atau miring ke samping
> 20° *flexion* atau *flexion*	2	



Gambar 2. 4 Range Pergerakan Leher

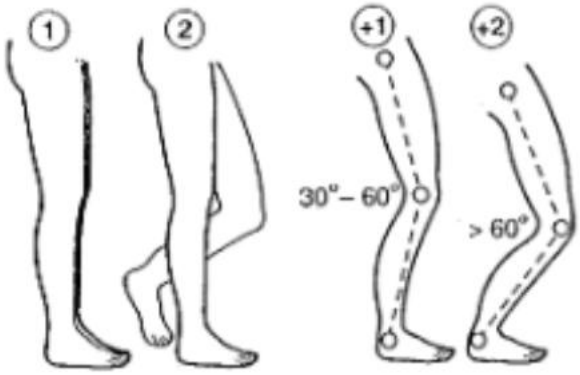
Hignett & McAtamney (2000)

3) Kaki

Skor kaki menilai kestabilan tumpuan dan distribusi berat badan. Posisi duduk, berjalan, atau berdiri dengan kedua kaki tertopang memperoleh skor 1. Posisi dengan tumpuan tidak stabil atau berat badan tidak tersebar merata memperoleh skor 2. Fleksi lutut antara 30° dan 60° diberi tambahan satu poin, sedangkan fleksi lutut lebih dari 60° diberi tambahan dua poin, kecuali pada posisi duduk. Gerakan kaki beserta rentang sudut pergerakannya disajikan pada tabel 2.5.

Tabel 2. 5 Skor Pergerakan Kaki

Pergerakan	Skor	Penambahan Skor
Kaki tertopang, bobot tersebar merata, jalan atau duduk	1	+1 jika lutut antara 30° dan 60° *flexion*
Kaki tidak tertopang, bobot tidak tersebar	2	+2 jika lutut > 60° *flexion* (tidak Ketika duduk)



Gambar 2. 5 Range Pergerakan Kaki

Hignett & McAtamney (2000)

b. Penilaian Postur Grup B

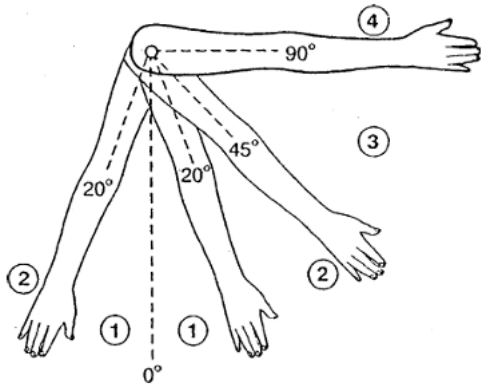
Grup B mencakup lengan atas, lengan bawah, dan pergelangan tangan. Penilaian dilakukan pada sisi tubuh yang paling banyak menerima beban atau memiliki postur paling tidak alamiah.

1) Lengan Atas

Skor lengan atas ditentukan berdasarkan sudut fleksi atau ekstensi terhadap posisi netral. Penyesuaian diberikan ketika bahu terangkat, lengan mengalami abduksi atau rotasi, atau lengan memperoleh penopang yang mengurangi beban statis. Gerakan lengan atas beserta rentang sudut pergerakannya disajikan pada tabel 2.6.

Tabel 2. 6 Skor Pergerakan Lengan Atas

Pergerakan	Skor	Penambahan Skor
20° *flexion* - 20° *flexion*	1	+1 jika posisi lengan abducted atau rotated +1 jika bahu ditinggikan -1 jika bersandar, bobot lengan ditopang atau sesuai gravitasi
>20° *flexion* 20°- 45° *flexion*	2	
>45° - 90° *flexion*	3	
>90° *flexion*	4	



Gambar 2. 6 Range Pergerakan Lengan Atas

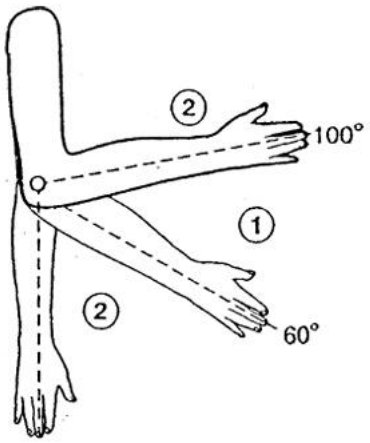
Hignett & McAtamney (2000)

2) Lengan Bawah

Lengan bawah memperoleh skor 1 ketika sudut siku berada antara 60° dan 100°. Sudut kurang dari 60° atau lebih dari 100° memperoleh skor 2 karena posisi tersebut meningkatkan tuntutan pada siku dan bahu. Gerakan lengan bawah beserta rentang sudut pergerakannya disajikan pada tabel 2.7.

Tabel 2. 7 Skor Pergerakan Lengan Bawah

Pergerakan	Skor
60° - 100° *flexion*	1
>60° *flexion* atau > 100° *flexion*	2



Gambar 2. 7 Range Pergerakan Lengan Bawah

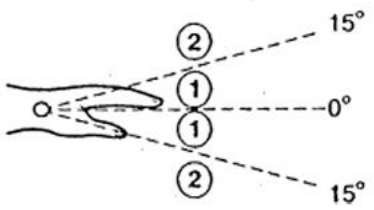
Hignett & McAtamney (2000)

3) Pergelangan Tangan

Pergelangan tangan memperoleh skor 1 pada fleksi atau ekstensi sampai 15°. Sudut lebih dari 15° memperoleh skor 2. Tambahan satu poin diberikan apabila pergelangan mengalami deviasi ke arah radial atau ulnar maupun gerakan memutar. Gerakan pergelangan tangan beserta rentang sudut pergerakannya disajikan pada tabel 2.8.

Tabel 2. 8 Skor Pergelangan Tangan

Pergerakan	Skor	Penambahan Skor
0°-15° *flexion / flexion*	1	+1 jika pergelangan tangan menyimpang atau berputar
> 20° *flexion / flexion*	2	



Gambar 2. 8 Range Pergerakan Pergelangan Tangan
Hignett & McAtamney (2000)

c. Penentuan Skor Grup A dan Grup B

Skor leher, batang tubuh, dan kaki dimasukkan ke dalam Tabel A untuk memperoleh *posture score* A. Skor lengan atas, lengan bawah, dan pergelangan tangan dimasukkan ke dalam Tabel B untuk memperoleh *posture score* B. Tabel 2.9 dan Tabel 2.10 merupakan matriks kombinasi, sehingga pembacaan harus mengikuti baris dan kolom yang sesuai dengan hasil pengukuran setiap segmen tubuh.

Tabel 2. 9 Tabel A

Tabel A		Neck											
		1				2				3			
	Legs	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Trunk	1	1	2	3	4	1	2	3	4	3	3	5	6
	2	2	3	4	5	3	4	5	6	4	5	6	7

Tabel A	Neck											
	1				2				3			
Legs	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
3	2	4	5	6	4	5	6	7	5	6	7	8
4	3	5	6	7	5	6	7	8	6	7	8	9
5	4	6	7	8	6	7	8	9	7	8	9	9

Tabel 2. 10 Tabel B

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

d. Skor Beban atau Gaya, *Coupling*, dan Aktivitas

Posture score A belum menjadi Skor A sebelum ditambah dengan skor beban atau gaya. *Posture score* B juga perlu ditambah dengan skor *coupling* untuk menghasilkan Skor B. Setelah Skor A dan Skor B digabungkan melalui Tabel C, *activity score* ditambahkan untuk memperoleh skor akhir REBA.

Tabel 2. 11 Skor Berat Beban

Berat Beban	**Skor**	**Penambahan Skor**
< 5 Kg	0	+ 1, jika terjadi penambahan berat secara
5 – 10 Kg	1	tiba-tiba
> 10 Kg	2	

Tabel 2. 12 *Coupling*

Skor	Kategori	Keterangan
0	*Good*	Jenis pegangan kuat dan tepat berada di tengah bagian sisi beban.
1	*Fair*	Pegangan tangan bisa diterima tapi belum ideal atau *coupling* lebih sesuai digunakan oleh bagian lain
2	*Poor*	Pegangan tangan tidak bisa diterima walaupun memungkinkan.
3	*Unacceptable*	Pegangan tangan tidak ideal karena dipaksakan dan tidak aman. Tidaksesuai jika digunakan oleh bagian tubuh yang lain (tanpa *coupling*).

Tabel 2. 13 Skor Aktivitas

Skor	Keterangan
+ 1	Satu atau lebih bagian tubuh statis, ditahan lebih dari satu menit
+ 1	Pengulangan gerakan dalam rentang waktu singkat, diulang lebih dari empat kali per menit (tidak termasuk berjalan)
+ 1	Gerakan menyebabkan perubahan atau pergeseran postur yang cepat dari postur awal

e. Penggabungan Skor melalui Tabel C

Skor A dan Skor B selanjutnya digunakan untuk menentukan nilai pada Tabel C. Hasil penentuan nilai tersebut disajikan pada Tabel dan digunakan dalam perhitungan skor akhir REBA.

f. Klasifikasi Skor Akhir REBA

Skor akhir REBA diperoleh setelah skor pada Tabel C ditambahkan dengan skor aktivitas. Nilai tersebut kemudian digunakan untuk menentukan tingkat risiko ergonomi serta kebutuhan tindakan perbaikan pada postur kerja. Semakin tinggi skor akhir yang diperoleh, semakin besar risiko terjadinya gangguan muskuloskeletal dan semakin mendesak tindakan perbaikan yang perlu dilakukan. Klasifikasi skor akhir REBA beserta tingkat risiko dan tindakan yang diperlukan disajikan pada tabel 2.14.

Tabel 2. 14 Level Risiko

Action Level	Skor REBA	Level Risiko	Tindakan Perbaikan
0	1	Dapat diabaikan	Tidak ada tindakan yang diperlukan
1	2 – 3	Rendah	Perubahan mungkin diperlukan
2	4 – 7	Sedang	Penyelidikan lebih lanjut dan butuh perubahan segera
3	8 – 10	Tinggi	Investigasi diperlukan dan perubahan harus dilakukan
4	11 - 15	Sangat Tinggi	Perlu dilakukan perubahan saat ini juga

2.2.6 *Design Failure Mode and Effects Analysis* (DFMEA)

Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) merupakan suatu metode sistematis yang digunakan untuk mengidentifikasi kemungkinan bentuk kegagalan (*failure mode*) yang dapat terjadi pada suatu komponen, sistem, atau proses, kemudian mengevaluasi dampak (*effect*) yang ditimbulkan dari setiap kegagalan tersebut (Moubray, 2001). Metode ini bertujuan untuk memahami bagaimana suatu kegagalan dapat terjadi, mengapa kegagalan tersebut dapat terjadi, serta menentukan tindakan yang diperlukan untuk mengurangi kemungkinan terjadinya kegagalan. Berdasarkan objek dan tahap penerapannya, FMEA dapat dibedakan menjadi beberapa jenis (Susilo et al., 2019). Jenis-jenis FMEA yang umum digunakan dalam bidang manufaktur dan pengembangan produk antara lain sebagai berikut:

1. *System Failure Mode and Effects Analysis* (System FMEA)

   System FMEA merupakan metode analisis yang digunakan untuk mengevaluasi kemungkinan kegagalan pada suatu sistem yang tersusun dari beberapa tingkatan elemen, mulai dari komponen penyusun hingga sistem secara menyeluruh. Analisis ini dilakukan dengan melihat hubungan antarbagian sistem serta pengaruh kegagalan suatu komponen terhadap kinerja sistem secara keseluruhan. Melalui *System* FMEA, komponen yang memiliki tingkat kepentingan tinggi dapat diidentifikasi sehingga upaya pencegahan dapat difokuskan pada bagian yang memiliki risiko terbesar.

2. *Design Failure Mode and Effects Analysis* (DFMEA)

   Design FMEA merupakan metode analisis yang diterapkan pada tahap perancangan suatu produk atau sistem. Fokus utama DFMEA adalah mengevaluasi kemungkinan kegagalan yang disebabkan oleh aspek desain sebelum produk masuk ke tahap pembuatan atau penggunaan. Analisis ini dilakukan dengan mempertimbangkan fungsi desain, karakteristik komponen, pemilihan material, serta hubungan antarbagian dalam suatu rancangan. Penerapan DFMEA memungkinkan perancang mengetahui kelemahan desain sejak awal sehingga tindakan perbaikan dapat dilakukan melalui modifikasi rancangan, pemilihan alternatif komponen, atau pengurangan dampak kegagalan yang mungkin terjadi.

3. *Process Failure Mode and Effects Analysis* (PFMEA)

   Process FMEA merupakan jenis FMEA yang digunakan untuk mengidentifikasi risiko kegagalan pada aktivitas proses produksi atau manufaktur. Analisis ini berfokus pada faktor-faktor yang dapat menyebabkan produk mengalami ketidaksesuaian, seperti metode kerja, penggunaan mesin, keterbatasan peralatan, material, maupun faktor manusia. Hasil PFMEA digunakan sebagai acuan dalam menentukan tindakan pengendalian dan perbaikan terhadap proses kerja.

4. *Functional Failure Mode and Effects Analysis* (Functional FMEA)

   Functional FMEA merupakan metode analisis yang berfokus pada evaluasi fungsi suatu komponen atau subsistem dalam menjalankan perannya pada suatu sistem. Metode ini sering disebut sebagai *Black Box FMEA* karena analisis dilakukan berdasarkan hubungan antara fungsi, kemungkinan kegagalan fungsi, dan dampak yang ditimbulkan tanpa membahas secara rinci struktur internal komponen.

Design Failure Mode and Effects Analysis (DFMEA) merupakan metode analisis risiko yang digunakan untuk mengidentifikasi potensi kegagalan pada tahap perancangan suatu produk atau sistem serta mengevaluasi dampak yang ditimbulkan terhadap fungsi, keamanan, dan keandalan produk(Hermanto et al., 2025). DFMEA merupakan pengembangan dari metode *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA) yang secara khusus berfokus pada aspek desain sebelum produk masuk ke tahap manufaktur atau penggunaan. Melalui penerapan DFMEA, potensi kelemahan desain dapat diketahui lebih awal sehingga tindakan pencegahan dan perbaikan dapat dilakukan sebelum terjadi kegagalan pada kondisi operasional. Pada metode *Design Failure Mode and Effects Analysis* (DFMEA), tingkat risiko dari setiap potensi kegagalan ditentukan menggunakan nilai *Risk Priority Number* (RPN). RPN merupakan nilai numerik yang

digunakan untuk menentukan tingkat prioritas suatu kegagalan berdasarkan hasil perkalian tiga parameter utama, yaitu *Severity* (S), *Occurrence* (O), dan *Detection* (D)(Sumantika et al., 2024).

Tabel 2. 15 Rating Penilaian

Jenis Penilaian	Rating	Keterangan
Severity (S)	1–2	Tidak ada persyaratan hukum; cedera kecil dengan pengaruh buruk yang dapat diabaikan; gangguan kecil; kerugian materi kecil.
	3–4	Cedera ringan; memerlukan perawatan P3K yang dapat langsung ditangani di lokasi kejadian; kerugian materi sedang.
	5–6	Cedera sedang; hilangnya hari kerja; memerlukan perawatan medis; kerugian materi cukup besar.
	7–8	Cedera berat; cacat yang mengakibatkan cacat atau hilangnya fungsi tubuh secara total; kerugian materi besar.
	9–10	Kematian; kerugian materi yang sangat besar.
Occurrence (O)	1–2	Jarang terjadi; hanya dapat terjadi pada keadaan tertentu; terdapat ≥ 1 kejadian dalam setiap tahun atau lebih.
	3–4	Kecil kemungkinan terjadi; mungkin terjadi sewaktu-waktu; terdapat ≥ 1 kejadian dalam setiap bulan.
	5–6	Mungkin dapat terjadi; dapat terjadi sewaktu-waktu; terdapat ≥ 1 kejadian dalam setiap minggu.
	7–8	Cenderung terjadi; sangat mungkin terjadi pada semua keadaan; terdapat ≥ 1 kejadian dalam setiap hari.
	9–10	Hampir pasti akan terjadi; terjadi hampir pada semua keadaan; terdapat ≥ 1 kejadian dalam setiap *shift*.
Detection (D)	1–2	Sangat mudah; sistem kontrol yang ada dapat dengan mudah mengenali bentuk kegagalan dan penyebabnya.

Jenis Penilaian	Rating	Keterangan
	3–4	Mudah; sistem kontrol masih dapat mendeteksi bentuk dan penyebab kegagalan, meskipun kemampuannya terbatas.
	5–6	Sedang; alat kontrol yang digunakan saat ini mengalami kesulitan cukup besar dalam mengenali bentuk dan penyebab kegagalan.
	7–8	Sulit; alat kontrol yang tersedia saat ini hampir tidak mampu mendeteksi bentuk dan penyebab kegagalan.
	9–10	Sangat sulit; belum ada alat kontrol yang dapat mendeteksi bentuk dan penyebab kegagalan.

Nilai RPN digunakan sebagai dasar dalam menentukan kegagalan yang harus mendapatkan perhatian dan tindakan perbaikan terlebih dahulu.

Menurut Stamatis (2003), perhitungan RPN dilakukan dengan mengalikan nilai dari ketiga parameter penilaian risiko tersebut. Persamaan RPN dapat dituliskan sebagai berikut:

$$RPN = S \times O \times D$$

Keterangan:

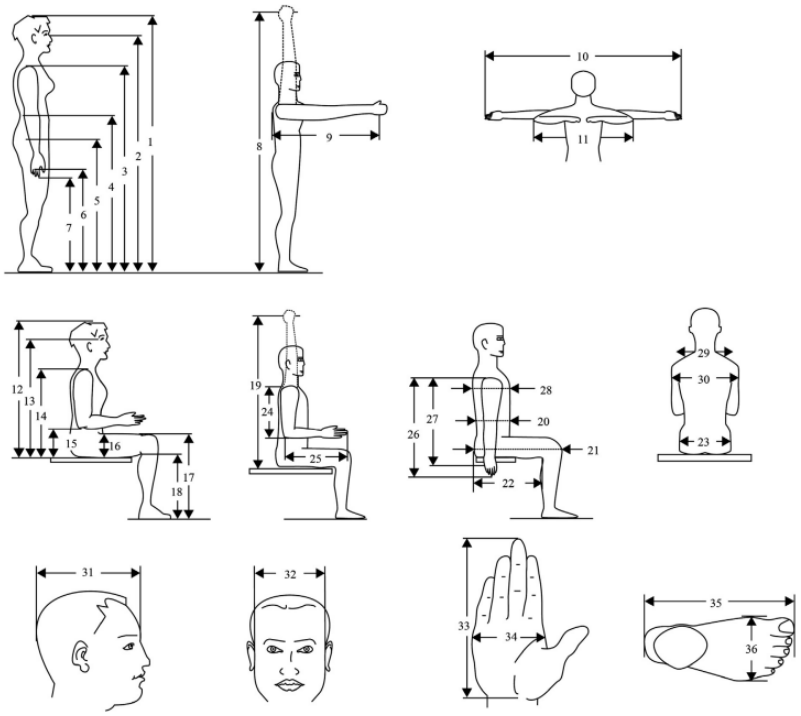
a. *Severity* (S) merupakan nilai yang menunjukkan tingkat keparahan dampak yang ditimbulkan apabila suatu kegagalan terjadi. Semakin besar pengaruh kegagalan terhadap fungsi sistem, keselamatan pengguna, atau kualitas produk, maka semakin tinggi nilai *Severity* yang diberikan.
b. *Occurrence* (O) merupakan nilai yang menunjukkan tingkat kemungkinan atau frekuensi terjadinya suatu kegagalan berdasarkan penyebab kegagalan yang telah diidentifikasi. Nilai *Occurrence* yang tinggi menunjukkan bahwa kegagalan tersebut memiliki kemungkinan terjadi lebih besar.
c. *Detection* (D) merupakan nilai yang menunjukkan kemampuan metode pengendalian atau pemeriksaan dalam mendeteksi suatu kegagalan sebelum memberikan dampak terhadap sistem. Semakin sulit suatu kegagalan diketahui sebelum terjadi, maka semakin tinggi nilai *Detection* yang diberikan.

Nilai RPN umumnya berada pada rentang tertentu sesuai dengan skala penilaian yang digunakan. Nilai RPN yang semakin besar menunjukkan bahwa suatu potensi kegagalan memiliki tingkat risiko yang lebih tinggi sehingga perlu menjadi prioritas dalam penyusunan tindakan perbaikan. Sebaliknya, nilai RPN yang lebih rendah menunjukkan bahwa risiko kegagalan relatif lebih kecil dibandingkan dengan kegagalan lainnya.

2.2.7 Antropometri

Antropometri berasal dari bahasa Yunani, yaitu "Anthropos" yang berarti manusia dan "Metricos" yang berarti ukuran. Antropometri merupakan cabang ilmu yang mempelajari pengukuran tubuh manusia, khususnya yang berkaitan dengan ukuran tubuh, bentuk tubuh, kekuatan, kemampuan gerak, fleksibilitas, serta kapasitas fisik manusia dalam melakukan aktivitas kerja (Stephen Pheasant, 2006). Dalam bidang ergonomi, antropometri menjadi salah satu aspek penting karena manusia memiliki variasi ukuran, bentuk, dan proporsi tubuh yang berbeda antara satu individu dengan individu lainnya. Variasi tersebut menjadi pertimbangan utama dalam proses perancangan produk maupun fasilitas kerja yang berorientasi pada pengguna (*user-centred design*). Penerapan antropometri dalam ergonomi bertujuan untuk menciptakan kesesuaian antara karakteristik fisik manusia dengan produk atau lingkungan kerja yang digunakan. Dengan demikian, rancangan yang dibuat harus mampu menyesuaikan pekerjaan terhadap kemampuan manusia (*fitting the job to the worker*) serta menyesuaikan produk terhadap penggunanya (*fitting the product to the user*)(Stephen Pheasant, 2006).

Pengukuran antropometri dapat dilakukan dalam beberapa posisi, yaitu antropometri berdiri (*standing anthropometry*) dan antropometri duduk (*sitting anthropometry*). Antropometri berdiri digunakan untuk mengukur dimensi tubuh manusia ketika berada dalam posisi tegak, sedangkan antropometri duduk digunakan untuk mengukur dimensi tubuh ketika melakukan aktivitas dalam posisi duduk. Pemilihan jenis pengukuran disesuaikan dengan karakteristik pekerjaan dan desain produk yang akan dirancang. Berdasarkan pengukuran antropometri, terdapat 36 dimensi tubuh manusia yang mencakup ukuran tinggi, panjang, lebar, jangkauan, serta dimensi bagian tubuh tertentu. Dimensi tersebut digunakan sebagai dasar dalam menentukan kesesuaian antara ukuran produk dengan karakteristik fisik pengguna yang disajikan dalam gambar 2.9.



Gambar 2. 9 Dimensi Tubuh

Sumber : Lee et al. (2019)

Dimensi antropometri yang digunakan dalam penelitian ini beserta keterangan pengukurannya disajikan pada tabel 2.16.

Tabel 2. 16 Dimensi Antropometri

No.	Dimensi Antropometri	Keterangan Pengukuran
1	Tinggi badan	Jarak vertikal dari permukaan lantai hingga titik tertinggi kepala saat berdiri tegak
2	Tinggi mata berdiri	Jarak vertikal dari lantai hingga titik mata saat posisi berdiri
3	Tinggi bahu berdiri	Jarak vertikal dari lantai hingga bagian tertinggi bahu
4	Tinggi siku berdiri	Jarak vertikal dari lantai hingga bagian bawah siku saat berdiri rileks

No.	Dimensi Antropometri	Keterangan Pengukuran
5	Tinggi pinggul berdiri	Jarak vertikal dari lantai hingga bagian tertinggi pinggul
6	Tinggi buku jari berdiri	Jarak vertikal dari lantai hingga buku jari tangan saat berdiri
7	Tinggi ujung jari berdiri	Jarak vertikal dari lantai hingga ujung jari tangan
8	Jangkauan vertikal tangan	Jarak maksimum yang dapat dicapai tangan ke arah atas
9	Jangkauan tangan ke depan	Jarak horizontal maksimum tangan saat direntangkan ke depan
10	Rentang tangan	Jarak antara ujung jari tangan kanan dan kiri saat kedua tangan direntangkan
11	Lebar bahu	Jarak horizontal antara sisi luar bahu kanan dan kiri
12	Tinggi duduk	Jarak vertikal dari permukaan duduk hingga titik tertinggi kepala
13	Tinggi mata duduk	Jarak vertikal dari permukaan duduk hingga mata
14	Tinggi bahu duduk	Jarak vertikal dari permukaan duduk hingga bahu
15	Tinggi siku duduk	Jarak vertikal dari permukaan duduk hingga siku
16	Tinggi paha	Jarak vertikal dari permukaan duduk hingga bagian atas paha
17	Tinggi lutut	Jarak vertikal dari lantai hingga bagian atas lutut

No.	Dimensi Antropometri	Keterangan Pengukuran
18	Tinggi popliteal	Jarak vertikal dari lantai hingga bagian bawah paha saat duduk
19	Panjang bahu hingga siku	Jarak antara bahu dan siku
20	Panjang siku hingga ujung tangan	Jarak dari siku hingga ujung jari
21	Panjang pantat hingga lutut	Jarak horizontal dari bagian belakang pantat hingga bagian depan lutut
22	Panjang pantat hingga popliteal	Jarak horizontal dari pantat hingga bagian belakang lutut
23	Lebar pinggul duduk	Lebar maksimum pinggul saat posisi duduk
24	Tinggi pinggang duduk	Jarak dari permukaan duduk hingga bagian pinggang
25	Jangkauan tangan duduk	Jarak jangkauan tangan ke depan saat posisi duduk
26	Tinggi bahu duduk	Tinggi bahu dari permukaan duduk
27	Tinggi siku duduk	Tinggi siku dari permukaan duduk
28	Lebar dada	Lebar bagian dada saat posisi duduk atau berdiri
29	Lebar leher	Lebar bagian leher
30	Lebar bahu	Jarak horizontal antara kedua bahu
31	Panjang kepala	Jarak dari bagian depan kepala hingga bagian belakang kepala
32	Lebar kepala	Lebar maksimum kepala dari sisi kanan ke kiri

No.	Dimensi Antropometri	Keterangan Pengukuran
33	Panjang tangan	Jarak dari pergelangan tangan hingga ujung jari tengah
34	Lebar tangan	Lebar telapak tangan
35	Panjang telapak kaki	Jarak dari tumit hingga ujung jari kaki terpanjang
36	Lebar telapak kaki	Lebar maksimum telapak kaki

Data antropometri memiliki variasi ukuran tubuh antarindividu, sehingga dalam perancangan ergonomi diperlukan pendekatan persentil untuk menentukan ukuran rancangan yang sesuai dengan karakteristik pengguna. Persentil digunakan untuk menunjukkan posisi suatu nilai pengukuran dalam distribusi data dan menentukan bagian populasi yang dapat terakomodasi oleh suatu desai sitasi (Elbert et al., 2018). Pendekatan yang umum digunakan dalam ergonomi adalah rentang persentil ke-5 hingga persentil ke-95, dimana rancangan diharapkan mampu digunakan oleh sebagian besar populasi pengguna.

Pemilihan persentil disesuaikan dengan fungsi dari rancangan yang dibuat. Persentil ke-5 (P5) menunjukkan bahwa sekitar 5% populasi memiliki ukuran tubuh lebih kecil dari nilai tersebut. Persentil ini digunakan pada rancangan yang membutuhkan batas minimum, seperti menentukan ukuran jangkauan agar pengguna dengan ukuran tubuh kecil tetap dapat menggunakan alat. Persentil ke-50 (P50) merupakan nilai tengah (*median*) dari distribusi data, dimana sekitar 50% populasi memiliki ukuran tubuh lebih kecil dan 50% lainnya memiliki ukuran tubuh lebih besar. Persentil ini digunakan ketika rancangan menggunakan ukuran rata-rata populasi. Sementara itu, persentil ke-95 (P95) menunjukkan bahwa sekitar 95% populasi memiliki ukuran tubuh lebih kecil dari nilai tersebut. Persentil ini digunakan untuk menentukan batas maksimum, seperti kebutuhan ruang atau ukuran komponen agar pengguna dengan ukuran tubuh besar tetap dapat menggunakan alat dengan nyaman.

Perhitungan nilai persentil dapat dilakukan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$P = \bar{X} + k_i \, . S$$

Keterangan:

P = Nilai persentil yang dihitung

$\bar{X}$ = Nilai rata-rata

S = Simpangan baku

k = Faktor pengali untuk persentil yang diinginkan

Nilai faktor persentil yang umum digunakan yaitu

Tabel 2. 17 Nilai K

Nilai K (Faktor Penggali untuk Persentil yang Diinginkan)								
Persentil	P1	P5	P10	P25	P50	P 75	P 90	P 95
K	-2,326	-1,645	-1,282	-0,674	0	0,674	1,282	1,645

BAB III
METODE PENELITIAN

3.1 Subjek Penelitian

Subjek pada penelitian ini adalah pekerja UMKM Nira Nusantara yang berlokasi di Desa Karangrejo, Kecamatan Petanahan, Kabupaten Kebumen, Jawa Tengah. Sebanyak 12 pekerja yang terlibat langsung dalam proses pengadukan gula jawa dijadikan sebagai responden dalam penelitian ini.

3.2 Objek Penelitian

Objek dalam penelitian ini adalah postur kerja pada aktivitas pengadukan gula jawa di UMKM Nira Nusantara. Aktivitas pengadukan dipilih karena pekerjaan tersebut masih dilakukan secara manual dan proses pemasakannya dilakukan secara berulang. Pada aktivitas ini, pekerja perlu mempertahankan posisi tubuh tertentu, seperti berdiri, membungkuk, menjangkau, serta menggerakkan tangan dan bahu secara terus-menerus. Kondisi tersebut dapat menimbulkan postur kerja yang kurang ergonomis bagi para pekerja.

3.3 Jenis Data

Penelitian ini menggunakan dua jenis data, yaitu data primer dan data sekunder. Adapun uraian dari masing-masing jenis data dijelaskan sebagai berikut:

a. Data Primer

   Data primer adalah data yang diperoleh langsung dari objek penelitian di lapangan(Haifa et al., 2025). Dalam penelitian ini, data primer diperoleh melalui observasi, wawancara, dokumentasi, dan pengukuran langsung terhadap pekerja pada proses pengadukan gula jawa di UMKM Nira Nusantara. Data ini meliputi kondisi kerja, dokumentasi postur tubuh pekerja, kuisioner keluhan pekerja, serta data antropometri pekerja.

b. Data Skunder

   Data sekunder merupakan data yang diperoleh dari sumber kedua di luar pengamatan langsung peneliti dan digunakan untuk melengkapi data primer(Sulung & Muspawi, 2024). Dalam penelitian ini, data sekunder meliputi profil usaha, jumlah pekerja, dan gambaran umum proses pengolahan gula jawa. Selain itu, data sekunder juga diperoleh dari buku, jurnal, artikel ilmiah, serta penelitian terdahulu yang relevan dengan penelitian ini.

3.4 Metode Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data dalam penelitian ini terdiri dari pengumpulan data primer dan data sekunder. Kedua data tersebut digunakan untuk mendukung penelitian pada proses pengadukan gula jawa di UMKM Nira Nusantara.

1. Pengumpulan Data Primer

   Pengumpulan data primer dilakukan secara langsung di lokasi penelitian. Data ini diperoleh dari pekerja yang terlibat dalam proses pengadukan gula jawa. Pengumpulan data primer dilakukan melalui beberapa cara berikut:

   a. Observasi

      Observasi dilakukan dengan mengamati langsung aktivitas pekerja saat melakukan proses pengadukan gula jawa. Observasi digunakan untuk mengetahui kondisi kerja, posisi tubuh pekerja, gerakan kerja, serta penggunaan alat pengaduk.

   b. Wawancara

      Wawancara dilakukan kepada pekerja untuk memperoleh informasi mengenai keluhan fisik, kendala saat bekerja, kebiasaan kerja, serta kondisi alat pengaduk yang digunakan.

   c. Kuisioner *Nordic Body Map*

      Pengisian kuisioner dilakukan untuk mengidentifikasi tingkat keluhan muskuloskeletal yang dirasakan pekerja selama melakukan aktivitas kerja.

   d. Dokumentasi

      Dokumentasi dilakukan dengan mengambil foto atau video aktivitas pekerja selama proses pengadukan gula jawa. Dokumentasi digunakan untuk membantu penilaian postur kerja menggunakan metode *Rapid Entire Body Assessment* (REBA).

   e. Pengukuran Langsung

      Pengukuran langsung dilakukan untuk memperoleh data antropometri pekerja yang digunakan sebagai dasar dalam perancangan ulang alat pengaduk.

2. Pengumpulan Data Skunder

   Pengumpulan data sekunder dilakukan dengan mengumpulkan informasi dari sumber yang sudah tersedia dan berkaitan dengan penelitian. Data sekunder dalam penelitian ini diperoleh melalui beberapa sumber berikut:

   a. Data Umum Perusahaan

      Data umum perusahaan digunakan untuk mengetahui gambaran umum UMKM Nira Nusantara, yang meliputi profil usaha, jumlah pekerja, dan proses pengolahan gula jawa. Data ini diperlukan agar peneliti memahami kondisi objek penelitian, aktivitas produksi, serta ruang lingkup pekerjaan yang diamati.

b. Studi Literatur

Studi literatur diperoleh dari buku, jurnal, artikel ilmiah, serta penelitian terdahulu yang relevan dengan penelitian ini. Literatur tersebut digunakan sebagai dasar pendukung dalam penyusunan teori, analisis, dan perancangan alat pengaduk.

3.5 Metode Pengolahan Data

Metode pengolahan data merupakan tahapan yang dilakukan untuk mengolah data yang telah diperoleh dari hasil observasi, pengukuran, dan dokumentasi sehingga dapat digunakan dalam proses analisis penelitian. Adapun tahapan pengolahan data yang dilakukan adalah sebagai berikut.

1. *Nordic Body Map*

   Pengolahan data *Nordic Body Map* dilakukan untuk mengetahui tingkat dan lokasi keluhan muskuloskeletal yang dirasakan oleh pekerja. Tahapan pengolahan data NBM meliputi:

   a. Pemberian Skor Keluhan

      Setiap responden memberikan penilaian pada 28 bagian tubuh menggunakan skala:

      1 = Tidak sakit

      2 = Agak sakit

      3 = Sakit

      4 = Sangat sakit

   b. Perhitungan Total Skor Responden

      Skor dari seluruh bagian tubuh dijumlahkan untuk memperoleh total skor NBM masing-masing responden.

   c. Identifikasi Tingkat Keluhan

      Total skor setiap responden digunakan untuk mengetahui tingkat keluhan muskuloskeletal yang dialami pekerja.

2. *Rapid Entire Body Assessment* (REBA)

   Pengolahan data postur kerja dilakukan untuk mengetahui tingkat risiko ergonomi pada aktivitas pengadukan gula jawa. Tahap pertama dilakukan dengan mengamati dan mendokumentasikan aktivitas kerja pekerja menggunakan kamera atau smartphone. Selanjutnya, dilakukan pengukuran sudut postur tubuh pekerja menggunakan *angle meter*, yang meliputi sudut leher, punggung, lengan atas, lengan bawah, pergelangan tangan, dan kaki.

Data sudut tubuh yang diperoleh kemudian dimasukkan ke dalam lembar penilaian REBA untuk menentukan skor masing-masing bagian tubuh. Penilaian REBA dibagi menjadi dua kelompok, yaitu (Hignett & Ergonomist, 2000):

a. Grup A, yang terdiri dari leher, batang tubuh (*trunk*), dan kaki (*legs*);
b. Grup B, yang terdiri dari lengan atas (*upper arm*), lengan bawah (*lower arm*), dan pergelangan tangan (*wrist*).

Selanjutnya, skor Grup A dan Grup B dikombinasikan dengan mempertimbangkan faktor beban (*load*), aktivitas, dan jenis pegangan (*coupling*) untuk memperoleh skor akhir REBA. Skor akhir tersebut digunakan untuk menentukan tingkat risiko postur kerja dan kebutuhan tindakan perbaikan ergonomi.

Klasifikasi tingkat risiko REBA ditunjukkan pada gambar 3.1.

Action level	REBA score	Risk level	Action (including further assessment)
0	1	Negligible	None necessary
1	2–3	Low	May be necessary
2	4–7	Medium	Necessary
3	8–10	High	Necessary soon
(4)	11–15	Very high	Necessary NOW

Gambar 3. 1 Klasifikasi Tingkat Risiko REBA

Sumber: Hignett & McAtamney (2000)

3. *Design Failure Mode and Effects Analysis* (DFMEA)

Metode *Design Failure Mode and Effects Analysis* (DFMEA) digunakan untuk mengidentifikasi dan menganalisis potensi kegagalan pada desain alat pengaduk yang digunakan dalam proses pengolahan gula jawa. Analisis ini bertujuan untuk mengetahui penyebab dan dampak dari setiap potensi kegagalan serta menentukan prioritas perbaikan berdasarkan tingkat risikonya. Tahapan analisis DFMEA dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

a. Mengidentifikasi potensi kegagalan (*failure mode*) pada setiap bagian atau fungsi alat pengaduk.
b. Mengidentifikasi dampak kegagalan (*failure effect*) yang ditimbulkan dari setiap *failure mode*.
c. Mengidentifikasi penyebab kegagalan (*failure cause*) pada setiap *failure mode*.

d. Menentukan nilai *Severity* (S), *Occurrence* (O), *dan Detection* (D) berdasarkan hasil observasi dan wawancara.

e. Menghitung nilai *Risk Priority Number* (RPN) menggunakan persamaan:

$$RPN = S \times O \times D$$

Keterangan:

Severity (S) : tingkat keparahan dampak kegagalan.

Occurrence (O) : tingkat kemungkinan terjadinya kegagalan.

Detection (D) : kemampuan mendeteksi kegagalan sebelum terjadi.

RPN : nilai prioritas risiko yang digunakan sebagai dasar penentuan tindakan perbaikan.

f. Mengurutkan nilai RPN dari yang tertinggi hingga terendah untuk menentukan prioritas perbaikan.

g. Menyusun usulan perbaikan desain alat pengaduk berdasarkan hasil analisis DFMEA dan data antropometri pekerja.

4. Antropometri

Pengolahan data antropometri dilakukan untuk memperoleh dimensi tubuh pekerja yang akan digunakan sebagai dasar perancangan ulang alat pengaduk ergonomis. Tahapan pengolahan data antropometri adalah sebagai berikut.

a. Uji kecukupan data dilakukan untuk mengetahui apakah jumlah data antropometri yang diperoleh telah mencukupi untuk mewakili populasi penelitian (Nurmianto, 2021). Uji kecukupan data dihitung menggunakan rumus berikut.

$$N' = \left[\frac{k/s\sqrt{N\sum X^2 - (\sum X)^2}}{\sum X}\right]^2$$

Keterangan:

1) N'= jumlah data yang dibutuhkan
2) N= jumlah data pengamatan
3) X= data hasil pengukuran
4) k= tingkat kepercayaan
5) s= tingkat ketelitian

Apabila $N' \leq N$, maka jumlah data dinyatakan cukup.

b. Uji Keseragaman Data

Uji keseragaman data dilakukan untuk mengetahui apakah data antropometri berada dalam batas kendali sehingga dapat digunakan untuk pengolahan lebih lanjut

(Nurmianto, 2021). Batas kontrol atas (BKA) dan batas kontrol bawah (BKB) dihitung menggunakan rumus:

$$BKA = \bar{X} + k\sigma$$
$$BKB = \bar{X} - k\sigma$$

Keterangan:

1) $\bar{X}$= rata-rata data
2) σ= simpangan baku

Data dinyatakan seragam apabila seluruh data berada di antara BKA dan BKB.

c. Normalitas Data

Uji normalitas dilakukan untuk mengetahui apakah data antropometri berdistribusi normal. Pengujian dilakukan menggunakan *software* SPSS dengan metode *Shapiro-Wilk.* Data dinyatakan berdistribusi normal apabila nilai signifikansi (Sig.) > 0,05(Ghozali, 2021).

Hipotesis:

1) H0: Data berdistribusi normal
2) H1: Data tidak berdistribusi normal

Kriteria pengujian:

1) Jika nilai Sig. > 0,05 maka H0 diterima.
2) Jika nilai Sig. < 0,05 maka H0 ditolak.

d. Perhitungan Persentil

Persentil digunakan untuk menentukan ukuran antropometri yang akan digunakan sebagai dasar perancangan alat (Nurmianto, 2021). Perhitungan persentil dilakukan menggunakan rumus berikut:

$$P5 = \bar{X} - 1{,}645(SD)$$
$$P50 = \bar{X}$$
$$P95 = \bar{X} + 1{,}645(SD)$$

Keterangan:

1) $\bar{X}$= rata-rata
2) SD = standar deviasi

Pemilihan persentil disesuaikan dengan fungsi rancangan, yaitu persentil ke-5 untuk dimensi jangkauan minimum, persentil ke-50 untuk ukuran rata-rata, dan persentil ke-95 untuk dimensi ruang atau kelonggaran.

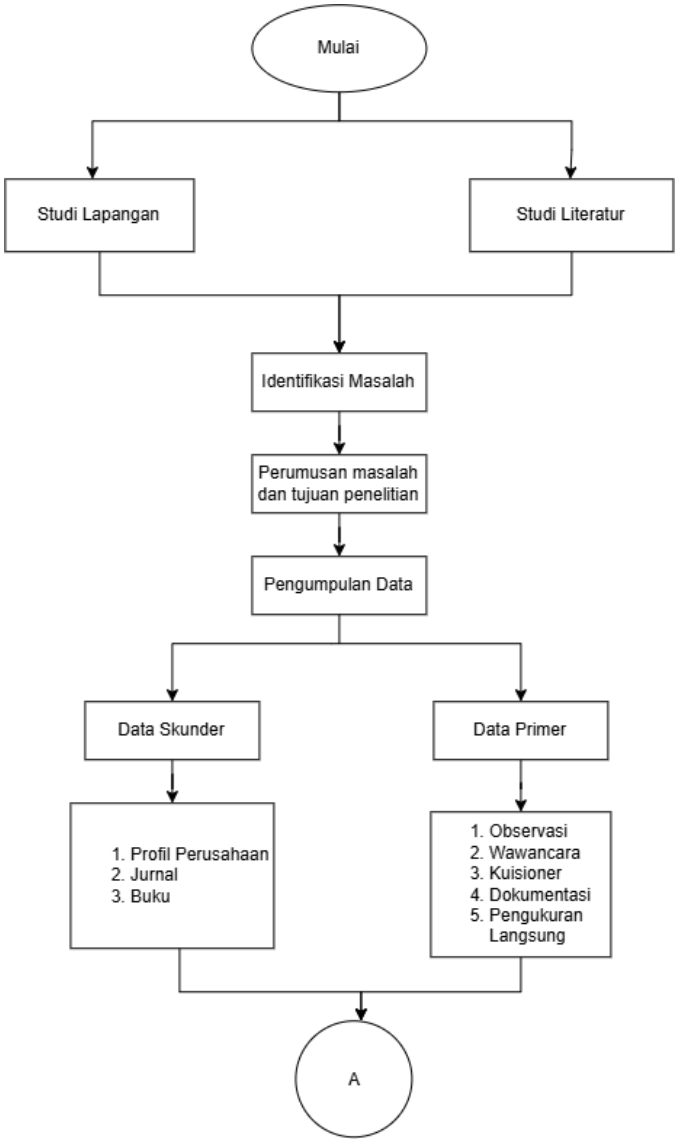
3.6 Instrumen Penelitian

Instrumen penelitian merupakan alat yang digunakan untuk memperoleh data yang diperlukan dalam penelitian. Adapun instrumen penelitian yang digunakan adalah sebagai berikut:

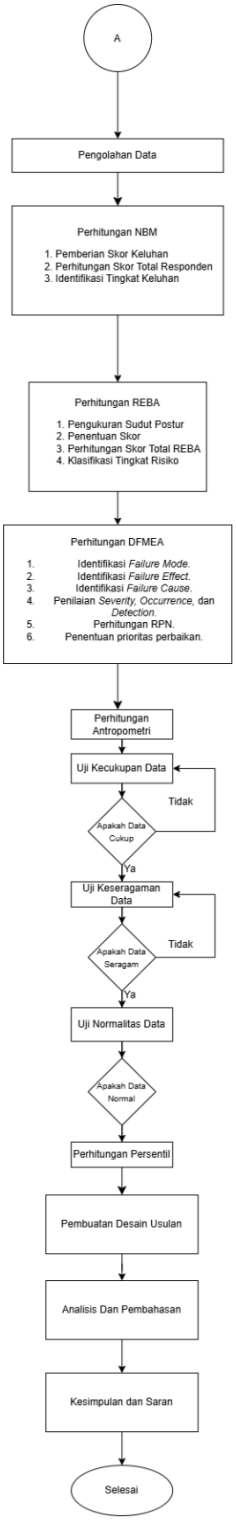
1. *Smartphone* digunakan untuk mendokumentasikan postur kerja pekerja sebagai bahan analisis menggunakan metode REBA.
2. Meteran digunakan untuk mengukur dimensi antropometri pekerja, dimensi alat pengaduk, dan area kerja.
3. Kuesioner *Nordic Body Map* (NBM) digunakan untuk mengidentifikasi lokasi dan tingkat keluhan muskuloskeletal yang dirasakan oleh pekerja
4. Lembar penilaian REBA digunakan untuk mengevaluasi tingkat risiko postur kerja pekerja selama melakukan aktivitas pengadukan gula jawa. Hasil penilaian digunakan untuk menentukan tingkat risiko ergonomi dan kebutuhan perbaikan postur kerja.
5. Laptop digunakan untuk mengolah data hasil penelitian, melakukan analisis perhitungan, serta menyusun rancangan alat pengaduk.
6. *Angle meter* digunakan untuk mengukur sudut postur tubuh pekerja dalam analisis REBA.
7. *Software SolidWorks* digunakan untuk membuat desain, pemodelan tiga dimensi, dan visualisasi rancangan ulang alat pengaduk berdasarkan data antropometri pekerja.

3.7 Alur Penelitian

Tahapan penelitian yang dilakukan dapat disajikan melalui diagram alir pada gambar 3.2 dan gambar 3.3:



Gambar 3. 2 Alur Penelitian 1



Gambar 3. 3 Alur Penelitian 2

Rincian langkah-langkah pada penelitian ini dapat dilihat pada gambar 3.2 dan gambar 3.3.

1. Mulai

Tahap mulai merupakan tahap awal yang menandai dimulainya seluruh rangkaian penelitian. Pada tahap ini, penelitian diarahkan untuk memperoleh informasi mengenai kondisi objek penelitian serta menentukan permasalahan yang akan dikaji.

2. Studi Lapangan

   Studi lapangan dilakukan untuk memperoleh gambaran mengenai kondisi aktual objek penelitian. Pada tahap ini dilakukan pengamatan secara langsung terhadap proses produksi, aktivitas pekerja, kondisi fasilitas kerja, serta alat yang digunakan. Studi lapangan juga dilakukan untuk mengetahui permasalahan yang terdapat dalam aktivitas kerja sebagai dasar dalam menentukan fokus penelitian.

3. Studi Literatur

   Studi literatur dilakukan dengan mempelajari berbagai sumber yang berkaitan dengan penelitian, seperti jurnal dan buku. Literatur yang dipelajari digunakan untuk memperoleh landasan teori yang mendukung penelitian, khususnya yang berkaitan dengan ergonomi, NBM, REBA, DFMEA, dan antropometri.

4. Identifikasi Masalah

   Hasil dari studi lapangan dan studi literatur selanjutnya digunakan dalam identifikasi masalah. Pada tahap ini ditentukan permasalahan yang terdapat pada objek penelitian berdasarkan kondisi aktual di lapangan dan teori yang relevan.

5. Perumusan Masalah dan Tujuan Penelitian

   Setelah permasalahan diidentifikasi, dilakukan perumusan masalah dan tujuan penelitian. Perumusan masalah digunakan untuk menentukan permasalahan yang akan dikaji secara lebih terarah, sedangkan tujuan penelitian digunakan sebagai acuan dalam menentukan hasil yang ingin dicapai.

6. Pengumpulan Data

   Tahap selanjutnya adalah pengumpulan data yang terdiri atas data sekunder dan data primer. Data sekunder diperoleh dari sumber yang telah tersedia, yaitu:

   a. Profil Usaha
   b. Jurnal
   c. Buku.

   Sedangkan data primer diperoleh secara langsung dari objek penelitian melalui:

   a. Observasi,
   b. Wawancara,

c. Kuesioner,
d. Dokumentasi, dan
e. Pengukuran langsung.

Data yang telah diperoleh kemudian digunakan untuk tahap pengolahan data.

7. Pengolahan Data
8. Data primer dan data sekunder yang telah dikumpulkan selanjutnya dilakukan pengolahan data. Pengolahan data dilakukan menggunakan beberapa metode sesuai dengan kebutuhan penelitian, yaitu NBM, REBA, DFMEA, dan antropometri.
9. Perhitungan NBM

   Tahap pertama dalam pengolahan data adalah perhitungan *Nordic Body Map* (NBM). Perhitungan NBM dilakukan melalui beberapa tahapan, yaitu:

   a. Pemberian skor keluhan, yaitu memberikan nilai berdasarkan tingkat keluhan yang dirasakan responden pada bagian tubuh tertentu.
   b. Perhitungan skor total responden, yaitu menjumlahkan skor keluhan yang diperoleh dari masing-masing bagian tubuh.
   c. Identifikasi tingkat keluhan, yaitu menentukan tingkat keluhan berdasarkan hasil perhitungan skor NBM.

   Hasil perhitungan NBM digunakan untuk mengetahui gambaran keluhan fisik yang dirasakan pekerja.
10. Perhitungan REBA

    Setelah mengetahui keluhan pekerja, tahap berikutnya adalah perhitungan *Rapid Entire Body Assessment* (REBA) untuk mengetahui tingkat risiko berdasarkan postur kerja.

    Tahapan perhitungan REBA meliputi:

    a. Pengukuran sudut postur, yaitu mengukur sudut bagian tubuh pekerja ketika melakukan aktivitas kerja.
    b. Penentuan skor, yaitu menentukan skor berdasarkan postur tubuh yang diperoleh.
    c. Perhitungan skor total REBA, yaitu menggabungkan skor berdasarkan bagian tubuh dan faktor aktivitas yang dinilai.
    d. Klasifikasi tingkat risiko, yaitu menentukan tingkat risiko postur kerja berdasarkan skor akhir REBA.
11. Perhitungan DFMEA

Selanjutnya dilakukan *Design Failure Mode and Effects Analysis* (DFMEA) untuk mengidentifikasi potensi kegagalan yang berkaitan dengan desain alat.

Tahapan DFMEA pada diagram meliputi:

a. Identifikasi *Failure Mode*, yaitu mengidentifikasi kemungkinan bentuk kegagalan pada desain alat.
b. Identifikasi *Failure Effect*, yaitu mengidentifikasi dampak yang dapat ditimbulkan dari kegagalan tersebut.
c. Identifikasi *Failure Cause*, yaitu mengidentifikasi penyebab terjadinya kegagalan.
d. Penilaian *Severity, Occurrence,* dan *Detection*, yaitu memberikan penilaian terhadap tingkat keparahan, kemungkinan terjadinya kegagalan, dan kemampuan mendeteksi kegagalan.
e. Perhitungan RPN, yaitu menghitung nilai *Risk Priority Number* berdasarkan hasil penilaian.
f. Penentuan prioritas perbaikan, yaitu menentukan kegagalan yang perlu diprioritaskan untuk dilakukan perbaikan berdasarkan hasil analisis.

12. Perhitungan Antropometri

    Setelah tahap DFMEA, dilakukan perhitungan antropometri. Data antropometri digunakan untuk memperoleh ukuran tubuh pekerja yang nantinya menjadi dasar dalam menentukan dimensi desain usulan. Sebelum digunakan dalam perancangan, data antropometri terlebih dahulu melalui beberapa pengujian.

13. Uji Kecukupan Data

    Uji kecukupan data dilakukan untuk mengetahui apakah jumlah data antropometri yang telah dikumpulkan sudah mencukupi untuk digunakan dalam penelitian. Apabila data dinyatakan tidak cukup, maka dilakukan pengumpulan data tambahan dan pengujian kembali. Apabila data dinyatakan cukup, penelitian dilanjutkan ke tahap uji keseragaman data.

14. Uji Keseragaman Data

    Uji keseragaman data dilakukan untuk mengetahui apakah data antropometri yang diperoleh berada dalam batas yang dapat diterima dan tidak menunjukkan adanya data yang menyimpang. Apabila data dinyatakan tidak seragam, dilakukan pengujian kembali sesuai dengan alur penelitian. Apabila data dinyatakan seragam, dilanjutkan ke tahap uji normalitas.

15. Uji Normalitas Data

    Uji normalitas data dilakukan untuk mengetahui apakah data antropometri mengikuti distribusi normal. Apabila data dinyatakan tidak normal, dilakukan peninjauan dan pengujian kembali sesuai dengan alur penelitian. Apabila data dinyatakan normal, data dapat digunakan untuk tahap perhitungan persentil.

16. Perhitungan Persentil

    Setelah data antropometri memenuhi uji kecukupan, keseragaman, dan normalitas, dilakukan perhitungan persentil. Hasil perhitungan persentil digunakan sebagai dasar dalam menentukan ukuran atau dimensi pada desain usulan agar dapat disesuaikan dengan karakteristik antropometri pekerja.

17. Pembuatan Desain Usulan

    Hasil dari pengolahan data NBM, REBA, DFMEA, dan antropometri kemudian digunakan sebagai dasar dalam pembuatan desain usulan. Desain usulan dibuat dengan mempertimbangkan permasalahan yang telah ditemukan, tingkat risiko postur kerja, potensi kegagalan desain, serta ukuran antropometri pekerja.

18. Analisis dan Pembahasan

    Tahap selanjutnya adalah analisis dan pembahasan. Pada tahap ini dilakukan pembahasan terhadap hasil pengolahan data dan desain usulan yang telah dibuat. Hasil NBM digunakan untuk melihat keluhan pekerja, hasil REBA digunakan untuk melihat tingkat risiko postur kerja, hasil DFMEA digunakan untuk menentukan prioritas perbaikan, sedangkan hasil antropometri digunakan sebagai dasar penentuan dimensi desain. Seluruh hasil tersebut kemudian dianalisis untuk mengetahui keterkaitannya dengan permasalahan yang ditemukan pada objek penelitian.

19. Kesimpulan dan Saran

    Setelah analisis dan pembahasan selesai, tahap berikutnya adalah kesimpulan dan saran. Kesimpulan disusun berdasarkan hasil penelitian dan digunakan untuk menjawab tujuan penelitian. Sementara itu, saran diberikan sebagai masukan yang berkaitan dengan hasil penelitian maupun pengembangan penelitian selanjutnya.

20. Selesai

    Tahap terakhir adalah selesai, yang menandai berakhirnya seluruh rangkaian penelitian.

BAB IV
PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

4.1 Pengumpulan Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh melalui beberapa metode pengumpulan data yang disesuaikan dengan tujuan penelitian. Metode tersebut meliputi observasi langsung terhadap aktivitas kerja, wawancara dengan subjek penelitian, penyebaran kuesioner, pengambilan dokumentasi berupa foto aktivitas kerja, serta pengukuran secara langsung.

4.1.1 Karakteristik Subjek

1. Usia Pekerja

   Data usia dan jenis kelamin responden yang menjadi responden dalam penelitian ini disajikan pada tabel 4.1 dan 4.2.

Tabel 4. 1 Usia Responde

Responden	Usia
Responden 1	23
Responden 2	25
Responden 3	49
Responden 4	56
Responden 5	44
Responden 6	32
Responden 7	41
Responden 8	56
Responden 9	57
Responden 10	46
Responden 11	40
Responden 12	37

Tabel 4. 2 Jenis Kelamin Responden

Jenis Kelamin	Jumlah	Presentase
Laki-Laki	2	16,67%
Perempuan	10	83,33%

2. Waktu Durasi Kerja

   Table 4.3 merupakan data durasi jam kerja yang menjadi responden dalam penelitian ini.

Tabel 4. 3 Durasi Waktu Kerja

Durasi (Jam)	Jumlah	Presentase
7	12	100%

3. Waktu Durasi Istirahat

   Tabel 4.4 merupakan durasi istirahat yang menjadi responden dalam penelitian ini.

Tabel 4. 4 Waktu Istirahat Responden

Lama Istirahat (Jam)	Jumlah	Presentase
15	12	100%

4.1.2 Data Kuesioner *Nordic Body Map*

Kuesioner *Nordic Body Map* (NBM) digunakan untuk mengidentifikasi tingkat keluhan muskuloskeletal yang dirasakan pekerja setelah melakukan aktivitas pengadukan nira di UMKM Nira Nusantara. Pengisian kuisoner dilakukan oleh 12 orang pekerja yang terlibat dalam proses produksi. Setiap responden diminta memberikan penilaian terhadap tingkat ketidaknyamanan pada 28 bagian tubuh menggunakan skala penilaian yang telah ditentukan. Adapun hasil kuesioner *Nordic Body Map* (NBM) dalam penelitian ini disajikan pada tabel 4.5.

Tabel 4. 5 Kuisioner *Nordic Body Map* Responden 1

No	Jenis Keluhan	Tingkat Keluhan			
		1	2	3	4
0	Sakit atau kaku di leher bagian atas			√	
1	Sakit atau kaku di leher bagian bawah			√	
2	Sakit pada bahu kiri		√		
3	Sakit pada bahu kanan			√	
4	Sakit pada lengan atas kiri				√
5	Sakit di punggung				√
6	Sakit pada lengan atas kanan				√
7	Sakit pada pinggang			√	
8	Sakit pada bokong	√			

No	Jenis Keluhan	Tingkat Keluhan			
		1	2	3	4
9	Sakit pada pantat	√			
10	Sakit pada siku kiri	√			
11	Sakit pada siku kanan	√			
12	Sakit pada lengan bawah kiri				√
13	Sakit pada lengan bawah kanan				√
14	Sakit pada pergelangan tangan kiri				√
15	Sakit pada pergelangan tangan kanan				√
16	Sakit pada tangan kiri			√	
17	Sakit pada tangan kanan				√
18	Sakit pada paha kiri	√			
19	Sakit pada paha kanan	√			
20	Sakit pada lutut kiri	√			
21	Sakit pada lutut kanan	√			
22	Sakit pada betis kiri		√		
23	Sakit pada betis kanan			√	
24	Sakit pada pergelangan kaki kiri		√		
25	Sakit pada pergelangan kaki kanan		√		
26	Sakit pada kaki kiri		√		
27	Sakit pada kaki kanan		√		

Penilaian pada kuesioner *Nordic Body Map* (NBM) dilakukan dengan menggunakan sistem pembobotan yang terbagi ke dalam empat kategori tingkat keluhan

1. Skala tidak sakit diberikan bobot nilai 1
2. Skala agak sakit diberi bobot nilai 2
3. Skala sakit diberi bobot nilai 3
4. Skala sangat sakit diberi bobot nilai 4.

Tabel 4.6 merupakan hasil rekapitulasi pengisian kuesioner *Nordic Body Map* (NBM) yang telah dilakukan oleh seluruh operator pengadukan.

Tabel 4. 6 Rekapitulasi Kuisioner *Nordic Body Map*

No	Bagian Tubuh	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11	R12
0	Sakit atau kaku di leher bagian atas	3	3	3	4	4	2	2	4	3	4	2	4
1	Sakit atau kaku di leher bagian bawah	3	2	1	3	2	2	1	3	4	4	2	4
2	Sakit pada bahu kiri	2	2	4	4	4	2	3	4	3	4	2	4
3	Sakit pada bahu kanan	3	3	4	3	3	2	3	4	3	4	2	4
4	Sakit pada lengan atas kiri	4	2	3	4	4	3	3	4	3	4	4	2
5	Sakit di punggung	4	4	4	4	4	3	4	4	4	4	4	4
6	Sakit pada lengan atas kanan	4	4	4	3	4	3	3	4	3	4	4	3
7	Sakit pada pinggang	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
8	Sakit pada pantat	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
9	Sakit pada bagian bawah pantat	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
10	Sakit pada siku kiri	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

No	Bagian Tubuh	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11	R12
11	Sakit pada siku kanan	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
12	Sakit pada lengan bawah kiri	4	3	4	3	4	4	4	4	3	3	4	4
13	Sakit pada lengan bawah kanan	4	3	4	3	4	4	4	4	3	3	4	4
14	Sakit pada pergelangan tangan kiri	4	3	4	3	4	2	3	3	3	4	4	4
15	Sakit pada pergelangan tangan kanan	4	4	4	3	4	2	3	4	3	4	3	4
16	Sakit pada tangan kiri	3	4	3	3	3	3	4	3	3	4	4	3
17	Sakit pada tangan kanan	4	4	3	4	3	2	4	3	3	4	4	3
18	Sakit pada paha kiri	1	1	1	3	1	1	1	3	3	2	1	2
19	Sakit pada paha kanan	1	1	1	2	2	1	3	3	4	2	1	2
20	Sakit pada lutut kiri	1	1	1	2	2	1	1	2	3	2	1	1
21	Sakit pada lutut kanan	1	1	1	2	1	1	1	2	3	2	1	1
22	Sakit pada betis kiri	2	3	3	2	3	3	3	2	3	3	4	3
23	Sakit pada betis kanan	3	3	3	3	3	4	3	2	4	3	4	3

No	Bagian Tubuh	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11	R12
24	Sakit pada pergelangan kaki kiri	2	2	2	2	1	2	2	2	2	2	2	2
25	Sakit pada pergelangan kaki kanan	2	2	2	2	1	2	2	2	2	2	2	2
26	Sakit pada kaki kiri	2	2	3	2	3	3	4	3	3	3	3	3
27	Sakit pada kaki kanan	2	2	3	2	3	3	4	3	3	3	3	3

4.1.3 *Rapid Entire Body Assessment* (REBA)

Metode *Rapid Entire Body Assessment* (REBA) dipilih untuk menganalisis risiko postur kerja pada aktivitas pengadukan gula jawa karena aktivitas tersebut melibatkan hampir seluruh bagian tubuh, seperti leher, batang tubuh, lengan, dan kaki (Hignett & McAtamney, 2000). Selain itu, aktivitas pengadukan bersifat dinamis karena pekerja melakukan perubahan posisi dan gerakan tubuh selama proses pengadukan berlangsung**.** Pengambilan data REBA dilakukan dengan mendokumentasikan postur kerja pekerja menggunakan foto saat proses pengadukan berlangsung. Dokumentasi dilakukan pada posisi kerja yang mewakili aktivitas pengadukan dan selanjutnya digunakan sebagai dasar penilaian postur kerja menggunakan metode REBA. Berikut merupakan pengambilan data postur kerja pada aktivitas pengadukan gula jawa di UMKM Nira Nusantara.

1. Responden 1



Gambar 4. 1 Pengadukan Responden 1

2. Responden 2



Gambar 4. 2 Pengadukan Responden 2

3. Responden 3



Gambar 4. 3 Pengadukan Responden 3

4. Responden 4



Gambar 4. 4 Pengadukan Responden 4

5. Responden 5



Gambar 4. 5 Pengadukan Responden 5

6. Responden 6



Gambar 4. 6 Pengadukan Responden 6

7. Responden 7



Gambar 4. 7 Pengadukan Responden 7

8. Responden 8



Gambar 4. 8 Pengadukan Responden 8

9. Responden 9



Gambar 4. 9 Pengadukan Responden 9

10. Responden 10



Gambar 4. 10 Pengadukan Responden 10

11. Responden 11



Gambar 4. 11 Pengadukan Responden 11

12. Responden 12



Gambar 4. 12 Pengadukan Responden 12

4.1.4 *Design Failure Mode and Effects Analysis* (DFMEA)

Pengumpulan data DFMEA dilakukan pada desain awal alat pengaduk gula jawa yang digunakan di UMKM Nira Nusantara. Data yang dikumpulkan meliputi identifikasi komponen alat, fungsi setiap komponen, spesifikasi komponen, serta kondisi aktual alat saat digunakan. Data tersebut diperoleh melalui observasi langsung terhadap alat pengaduk, dokumentasi, dan

pengamatan proses kerja untuk mengetahui potensi kegagalan yang dapat terjadi pada setiap komponen

4.1.5 Antropometri

Pengambilan data antropometri dilakukan untuk memperoleh ukuran dimensi tubuh pekerja yang diperlukan dalam proses perancangan. Pengukuran dilakukan secara langsung terhadap pekerja yang terlibat dalam aktivitas pengadukan gula jawa. Dimensi tubuh yang diukur disesuaikan dengan kebutuhan perancangan alat dan dilakukan menggunakan alat ukur antropometri yang sesuai. Hasil pengukuran data antropometri pekerja yang diperoleh dalam penelitian ini disajikan pada tabel 4.7.

Tabel 4. 7 Data Dimensi Antropometri

Responden	Tinggi Siku Berdiri (cm)	Lebar Bahu	Diameter Genggaman Tangan (cm)
1	101	40	4,9
2	103	41	4,9
3	98	38	4,2
4	102	40	4,3
5	93	36	4
6	99	38	4,2
7	93	36	4
8	94	37	4,1
9	93	36	4
10	104	41	4,5
11	99	38	4,2
12	93	36	4

4.2 Pengolahan Data

4.2.1 *Nordic Body Map* (NBM)

Setelah data kuesioner *Nordic Body Map* (NBM) dari setiap pekerja diperoleh, tahap berikutnya adalah melakukan penghitungan skor pada masing-masing dari 28 bagian tubuh yang dinilai. Adapun perhitungan yang digunakan untuk menentukan skor pada masing-masing keluhan di setiap bagian tubuh adalah sebagai berikut:

$$Sakit\ pada\ leher\ bagian\ atas\ = Jumlah\ x\ Bobot$$
$$= (0 \times 1) + (0 \times 2) + (1 \times 3) + (0 \times 4)$$
$$= 3$$

Skor yang diperoleh selanjutnya digunakan untuk mengetahui tingkat keluhan pada bagian tubuh serta menentukan tingkat risiko ergonomi berdasarkan klasifikasi yang telah ditetapkan pada tabel 4.8.

Tabel 4. 8 Tingkat Risiko *Nordic Body Map*

Range Score	Tingkat Risiko	Tindakan Perbaikan
28-49	Rendah	Belum diperlukan adanya tindakan perbaikan
50-70	Sedang	Mungkin diperlukan tindakan perbaikan
71-91	Tinggi	Diperlukan tindakan segera
92-112	Sangat Tinggi	Diperlukan tindakan menyeluruh sesegera mungkin

Tabel tersebut menunjukkan klasifikasi tingkat risiko cedera muskuloskeletal berdasarkan total skor *Nordic Body Map* (NBM). Skor 28–49 termasuk risiko rendah, skor 50–70 risiko sedang, skor 71–91 risiko tinggi, dan skor 92–112 risiko sangat tinggi. Semakin tinggi skor yang diperoleh, semakin besar tingkat keluhan muskuloskeletal dan semakin diperlukan tindakan perbaikan terhadap kondisi kerja. Hasil perhitungan total skor dari seluruh responden pengadukan dapat dilihat pada tabel4.9.

Tabel 4. 9 Total Skor Seluruh Responden

Responden	Total Skor	Tingkat Risiko
Responden 1	70	Sedang
Responden 2	67	Sedang
Responden 3	73	Tinggi
Responden 4	74	Tinggi
Responden 5	75	Tinggi
Responden 6	63	Sedang

Responden	Total Skor	Tingkat Risiko
Responden 7	73	Tinggi
Responden 8	80	Tinggi
Responden 9	79	Tinggi
Responden 10	82	Tinggi
Responden 11	73	Tinggi
Responden 12	77	Tinggi

Berdasarkan hasil pengolahan kuesioner *Nordic Body Map* (NBM), dari 12 responden terdapat 10 responden dengan tingkat risiko tinggi dan 3 responden dengan tingkat risiko sedang. Total skor tertinggi sebesar 82 terdapat pada Responden 10, sedangkan skor terendah sebesar 63 terdapat pada Responden 6.

4.2.2 *Rapid Entire Body Asessment* (REBA)

Pengolahan data *Rapid Entire Body Assessment* (REBA) dilakukan berdasarkan hasil pengukuran sudut-sudut postur tubuh pekerja saat melaksanakan aktivitas kerja. Pengukuran sudut postur tersebut diperoleh dari hasil dokumentasi berupa foto dan video aktivitas pengadukan di UMKM Nira Nusantara. Selanjutnya, sudut-sudut postur pada masing-masing bagian tubuh, seperti leher, batang tubuh, kaki, serta anggota gerak atas, dianalisis dan diberi skor sesuai dengan kriteria penilaian pada metode REBA. Skor yang diperoleh kemudian digunakan untuk menentukan tingkat risiko ergonomi dari postur kerja yang dilakukan pekerja serta kebutuhan tindakan perbaikan yang diperlukan.

1. Responden 1



Gambar 4. 13 Pengukuran Sudut Responden 1

Tabel 4.13 merupakan hasil pengukuran sudut postur berdasarkan aktivitas kerja pada gambar 4.10.

Tabel 4. 10 Data Sudut Postur Tubuh Responden 1

No	Segmen Tubuh	Sudut Yang Terbentuk
1	Leher	23°
2	Punggung	84°
3	Lengan Atas	40°
4	Lengan Bawah	102°
5	Pergelangan Tangan	20°
6	Kaki	26°

Sudut postur tubuh yang terbentuk pada responden 1 menunjukkan leher membentuk sudut 23°, punggung 84°, lengan atas 40°, lengan bawah 102°, pergelangan tangan 20° dan kaki 26°.

a. Postur Tubuh Grup A

1) Leher / Neck

Leher membentuk sudut 23°, maka skornya 2

2) Batang Tubuh / Trunk

Batang tubuh membentuk sudut 84°, maka skornya 4

3) Kaki / Legs

Kedua kaki lurus, maka skornya 1

4) Perhitungan Postur Tubuh Grup A

Hasil perhitungan postur pada tubuh Grup A disajikan pada tabel 4.11.

Tabel 4. 11 Skor Grup A REBA Responden 1

Tabel A		Neck											
		1				2				3			
	Legs	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Trunk Posture Score	1	1	2	3	4	1	2	3	4	3	3	5	6
	2	2	3	4	5	3	4	5	6	4	5	6	7
	3	2	4	5	6	4	5	6	7	5	6	7	8
	4	3	5	6	7	5	6	7	8	6	7	8	9
	5	4	6	7	8	6	7	8	9	7	8	9	9

Berdasarkan tabel 4.11 didapatkan hasil skor tubuh pada grup A yaitu 5

5) Berat Beban

Skor berat beban yaitu 1

6) Total Skor Grup A adalah 5 + 1 = 6

b. Postur Tubuh Grup B

1) Lengan Atas

Lengan atas membentu sudut 40°, maka skornya 2

2) Lengan Bawah

Lenga bawah membentuk sudut 102°, maka skornya 2

3) Pergelangan Tangan

Pergelangan tangan membentuk sudut 20°, maka skornya 2

4) Potur Tubuh B

Hasil perhitungan postur pada tubuh Grup B disajikan pada tabel 4.12.

Tabel 4. 12 Skor Grup B REBA Responden 1

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

Berdasarkan tabel 4.12 didapatkan hasil skor tubuh pada grup B yaitu 3

5) Pegangan

Pegangan tangan pas ditangan, maka skornya 0

6) Total Skor Grup B Adalah 3 + 0 = 3

c. Total Skor REBA

1) Skor Tabel C

Penentuan skor pada Tabel C dilakukan dengan mengombinasikan skor A dan skor B yang telah diperoleh sebelumnya. Selanjutnya, skor A dan skor B tersebut dipertemukan pada Tabel C dengan menarik garis sesuai ketentuan, sehingga diperoleh nilai skor Tabel C sebagai berikut.

Tabel 4. 13 Skor Total REBA Responden 1

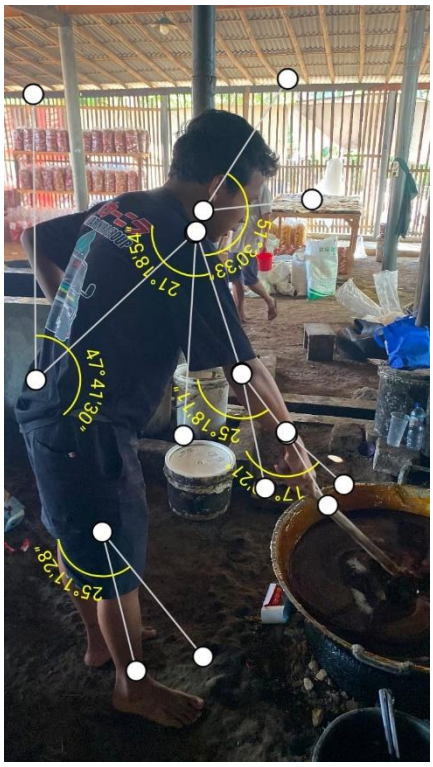
Score A	Tabel C											
	Score B											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	1	1	1	2	3	3	4	5	6	7	7	7
2	1	2	2	3	4	4	5	6	6	7	7	8
3	2	3	3	3	4	5	6	7	7	8	8	8
4	3	4	4	4	5	6	7	8	8	9	9	9
5	4	4	4	5	6	7	8	8	9	9	9	9
6	6	6	6	7	8	8	9	9	10	10	10	10
7	7	7	7	8	9	9	9	10	10	11	11	11
8	8	8	8	9	10	10	10	10	10	11	11	11
9	9	9	9	10	10	10	11	11	11	12	12	12
10	10	10	10	11	11	11	11	12	12	12	12	12
11	11	11	11	11	12	12	12	12	12	12	12	12
12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12

Berdasarkan tabel 4.13 didapatkan hasil skor table C yaitu 6

2) Nilai Aktivitas yaitu 1
3) Total Skor REBA

Skor REBA total diperoleh dari penjumlahan nilai yang dihasilkan pada Tabel C sebesar 6 dengan skor aktivitas sebesar 1, sehingga skor akhir REBA yang didapatkan adalah 7. Dimana menunjukkan tingkat risiko sedang, yang artinya postur kerja tersebut berpotensi menimbulkan gangguan musculoskeletal, sehingga perlu dilakukan perbaikan, namun tidak bersifat mendesak.

2. Responden 2



Gambar 4. 14 Pengukuran Sudut Responden 2

Tabel 4.14 merupakan hasil pengukuran sudut postur berdasarkan aktivitas kerja pada gambar 4.14.

Tabel 4. 14 Data Sudut Postur Tubuh Responden 2

No	Segmen Tubuh	Sudut Yang Terbentuk
1	Leher	51°
2	Punggung	47°
3	Lengan Atas	21°
4	Lengan Bawah	25°

No	Segmen Tubuh	Sudut Yang Terbentuk
5	Pergelangan Tangan	17°
6	Kaki	25°

Sudut postur tubuh yang terbentuk pada responden 2 menunjukkan leher membentuk sudut 51°, punggung 47°, lengan atas 21°, lengan bawah 25°, pergelangan tangan 17° dan kaki 25°.

a. Postur Tubuh Grup A

1) Leher / Neck

Leher membentuk sudut 51°, maka skornya 2

2) Batang Tubuh / Trunk

Batang tubuh membentuk sudut 47°, maka skornya 3

3) Kaki / Legs

Kedua kaki lurus, maka skornya 1

4) Perhitungan Postur Tubuh Grup A

Hasil perhitungan postur pada tubuh Grup A disajikan pada tabel 4.15:

Tabel 4. 15 Skor Grup A REBA Responden 2

Tabel A		Neck											
		1				2				3			
	Legs												
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Trunk Posture Score	1	1	2	3	4	1	2	3	4	3	3	5	6
	2	2	3	4	5	3	4	5	6	4	5	6	7
	3	2	4	5	6	4	5	6	7	5	6	7	8
	4	3	5	6	7	5	6	7	8	6	7	8	9
	5	4	6	7	8	6	7	8	9	7	8	9	9

Tabel 4.15 didapatkan hasil skor tubuh pada grup A yaitu 4

5) Berat Beban

Skor berat beban yaitu 1

6) Total Skor Grup A adalah 4 + 1 = 5

b. Postur Tubuh Grup B

1) Lengan Atas

Lengan atas membentu sudut 21°, maka skornya 2

2) Lengan Bawah

Lenga bawah membentuk sudut 25°, maka skornya 2

3) Pergelangan Tangan

Pergelangan tangan membentuk sudut 17° dan pergelangan tidak pada posis netral/ lurus, maka skornya 2

4) Potur Tubuh B

Hasil perhitungan postur pada tubuh Grup B disajikan tabel 4.16:

Tabel 4. 16 Skor Grup B REBA Responden 2

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

Tabel 4.16 didapatkan hasil skor tubuh pada grup B yaitu 3

5) Pegangan

Pegangan tangan pas ditangan, maka skornya 0

6) Total Skor Grup B Adalah 3 + 0 = 3

c. Total Skor REBA

1) Skor Tabel C

Penentuan skor pada Tabel C dilakukan dengan mengombinasikan skor A dan skor B yang telah diperoleh sebelumnya. Selanjutnya, skor A dan skor B tersebut dipertemukan pada Tabel C dengan menarik garis sesuai ketentuan, sehingga diperoleh nilai skor Tabel C sebagai berikut.

Tabel 4. 17 Skor Total REBA Responden 2

Score A	Tabel C											
	Score B											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	1	1	1	2	3	3	4	5	6	7	7	7
2	1	2	2	3	4	4	5	6	6	7	7	8
3	2	3	3	3	4	5	6	7	7	8	8	8
4	3	4	4	4	5	6	7	8	8	9	9	9
5	4	4	4	5	6	7	8	8	9	9	9	9
6	6	6	6	7	8	8	9	9	10	10	10	10

Score A	Tabel C											
	Score B											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
7	7	7	7	8	9	9	9	10	10	11	11	11
8	8	8	8	9	10	10	10	10	10	11	11	11
9	9	9	9	10	10	10	11	11	11	12	12	12
10	10	10	10	11	11	11	11	12	12	12	12	12
11	11	11	11	11	12	12	12	12	12	12	12	12
12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12

Berdasarkan tabel 4.17 didapatkan hasil skor table C yaitu 4

2) Nilai Aktivitas yaitu 1

3) Total Skor REBA

Skor REBA total diperoleh dari penjumlahan nilai yang dihasilkan pada Tabel C sebesar 4 dengan skor aktivitas sebesar 1, sehingga skor akhir REBA yang didapatkan adalah 5. Dimana menunjukkan tingkat risiko sedang, yang artinya postur kerja tersebut berpotensi menimbulkan gangguan musculoskeletal, sehingga perlu dilakukan perbaikan, namun tidak bersifat mendesak.

3. Responden 3



Gambar 4. 15 Pengukuran Sudut Responden 3

Tabel 4.15 merupakan hasil pengukuran sudut postur berdasarkan aktivitas kerja pada gambar 4.18.

Tabel 4. 18 Data Sudut Postur Tubuh Responden 3

No	Segmen Tubuh	Sudut Yang Terbentuk
1	Leher	44°
2	Punggung	45°
3	Lengan Atas	22°
4	Lengan Bawah	41°
5	Pergelangan Tangan	16°
6	Kaki	23°

Sudut postur tubuh yang terbentuk pada responden 3 menunjukkan leher membentuk sudut 44°, punggung 45°, lengan atas 22°, lengan bawah 41°, pergelangan tangan 16° dan kaki 23°.

a. Postur Tubuh Grup A

1) Leher / Neck

Leher membentuk sudut 44° dan leher miring ke samping, maka skornya 3

2) Batang Tubuh / Trunk

Batang tubuh membentuk sudut 45° dan punggung miring ke samping, maka skornya 4

3) Kaki / Legs

Kedua kaki lurus, maka skornya 1

4) Perhitungan Postur Tubuh Grup A

Hasil perhitungan postur pada tubuh Grup A tabel 4.19:

Tabel 4. 19 Skor Grup A REBA Responden 3

Tabel A		Neck											
		1				2				3			
	Legs												
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Trunk Posture Score	1	1	2	3	4	1	2	3	4	3	3	5	6
	2	2	3	4	5	3	4	5	6	4	5	6	7
	3	2	4	5	6	4	5	6	7	5	6	7	8
	4	3	5	6	7	5	6	7	8	6	7	8	9
	5	4	6	7	8	6	7	8	9	7	8	9	9

Tabel 4.19 didapatkan hasil skor tubuh pada grup A yaitu 6

5) Berat Beban

Skor berat beban yaitu 1

6) Total Skor Grup A adalah 6 + 1 = 7

b. Postur Tubuh Grup B

1) Lengan Atas

Lengan atas membentu sudut 22°, maka skornya 2

2) Lengan Bawah

Lenga bawah membentuk sudut 41°, maka skornya 2

3) Pergelangan Tangan

Pergelangan tangan membentuk sudut 16° dan pergelangan tidak pada posis netral/ lurus, maka skornya 3

4) Potur Tubuh B

Hasil perhitungan postur pada tubuh Grup B disajikan pada tabel 4.20:

Tabel 4. 20 Skor Grup B REBA Responden 3

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

Berdasarkan tabel 4.20 didapatkan hasil skor tubuh pada grup B yaitu 4

5) Pegangan

Pegangan tangan pas ditangan, maka skornya 0

6) Total Skor Grup B Adalah 4 + 0 = 4

c. Total Skor REBA

1) Skor Tabel C

Penentuan skor pada Tabel C dilakukan dengan mengombinasikan skor A dan skor B yang telah diperoleh sebelumnya. Selanjutnya, skor A dan skor B tersebut

dipertemukan pada Tabel C dengan menarik garis sesuai ketentuan, sehingga diperoleh nilai skor Tabel C sebagai berikut.

Tabel 4. 21 Skor Total REBA Responden 3

Score A	Tabel C											
	Score B											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	1	1	1	2	3	3	4	5	6	7	7	7
2	1	2	2	3	4	4	5	6	6	7	7	8
3	2	3	3	3	4	5	6	7	7	8	8	8
4	3	4	4	4	5	6	7	8	8	9	9	9
5	4	4	4	5	6	7	8	8	9	9	9	9
6	6	6	6	7	8	8	9	9	10	10	10	10
7	7	7	7	8	9	9	9	10	10	11	11	11
8	8	8	8	9	10	10	10	10	10	11	11	11
9	9	9	9	10	10	10	11	11	11	12	12	12
10	10	10	10	11	11	11	11	12	12	12	12	12
11	11	11	11	11	12	12	12	12	12	12	12	12
12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12

Berdasarkan tabel 4.21 didapatkan hasil skor table C yaitu 7

2) Nilai Aktivitas yaitu 1
3) Total Skor REBA

Skor REBA total diperoleh dari penjumlahan nilai yang dihasilkan pada Tabel C sebesar 7 dengan skor aktivitas sebesar 1, sehingga skor akhir REBA yang didapatkan adalah 8. Dimana menunjukkan tingkat risiko tinggi, sehingga postur kerja tersebut perlu segera dilakukan perbaikan untuk mengurangi potensi gangguan muskuloskeletal pada pekerja.

4. Responden 4



Gambar 4. 16 Pengukuran Sudut Responden 4

Tabel 4.16 merupakan hasil pengukuran sudut postur berdasarkan aktivitas kerja pada gambar 4.22.

Tabel 4. 22 Data Sudut Postur Tubuh Responden 4

No	Segmen Tubuh	Sudut Yang Terbentuk
1	Leher	24°
2	Punggung	86°
3	Lengan Atas	21°
4	Lengan Bawah	50°
5	Pergelangan Tangan	24°
6	Kaki	34°

Sudut postur tubuh yang terbentuk pada responden 4 menunjukkan leher membentuk sudut 24°, punggung 86°, lengan atas 21°, lengan bawah 50°, pergelangan tangan 24° dan kaki 34°.

a. Postur Tubuh Grup A

1) Leher / Neck

Leher membentuk sudut 24°, maka skornya 2

2) Batang Tubuh / Trunk

Batang tubuh membentuk sudut 86°, maka skornya 4

3) Kaki / Legs

Kedua kaki lurus dan membentuk sudut 34°, maka skornya 2

4) Perhitungan Postur Tubuh Grup A

Hasil perhitungan postur pada tubuh Grup A pada tabel 4.23.

Tabel 4. 23 Skor Grup A REBA Responden 4

Tabel A		Neck											
		1				2				3			
	Legs												
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Trunk Posture Score	1	1	2	3	4	1	2	3	4	3	3	5	6
	2	2	3	4	5	3	4	5	6	4	5	6	7
	3	2	4	5	6	4	5	6	7	5	6	7	8
	4	3	5	6	7	5	6	7	8	6	7	8	9
	5	4	6	7	8	6	7	8	9	7	8	9	9

Berdasarkan tabel 4.23 didapatkan hasil skor tubuh pada grup A yaitu 6

5) Berat Beban

Skor berat beban yaitu 1

6) Total Skor Grup A adalah 6 + 1 = 7

b. Postur Tubuh Grup B

1) Lengan Atas

Lengan atas membentu sudut 21°, maka skornya 2

2) Lengan Bawah

Lenga bawah membentuk sudut 50°, maka skornya 2

3) Pergelangan Tangan

Pergelangan tangan membentuk sudut 24°, maka skornya 2

4) Potur Tubuh B

Hasil perhitungan postur pada tubuh Grup B disajikan pada tabel 4.24

Tabel 4. 24 Skor Grup B REBA Responden 4

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

Berdasarkan tabel 4.24 didapatkan hasil skor tubuh pada grup B yaitu 3

5) Pegangan

Pegangan tangan pas ditangan, maka skornya 0

6) Total Skor Grup B Adalah 3 + 0 = 3

c. Total Skor REBA

1) Skor Tabel C

Penentuan skor pada Tabel C dilakukan dengan mengombinasikan skor A dan skor B yang telah diperoleh sebelumnya. Selanjutnya, skor A dan skor B tersebut dipertemukan pada Tabel C dengan menarik garis sesuai ketentuan, sehingga diperoleh nilai skor Tabel C sebagai berikut.

Tabel 4. 25 Skor Total REBA Responden 4

Score A	Tabel C											
	Score B											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	1	1	1	2	3	3	4	5	6	7	7	7
2	1	2	2	3	4	4	5	6	6	7	7	8
3	2	3	3	3	4	5	6	7	7	8	8	8
4	3	4	4	4	5	6	7	8	8	9	9	9
5	4	4	4	5	6	7	8	8	9	9	9	9
6	6	6	6	7	8	8	9	9	10	10	10	10
7	7	7	7	8	9	9	9	10	10	11	11	11
8	8	8	8	9	10	10	10	10	10	11	11	11
9	9	9	9	10	10	10	11	11	11	12	12	12
10	10	10	10	11	11	11	11	12	12	12	12	12
11	11	11	11	11	12	12	12	12	12	12	12	12
12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12

Berdasarkan tabel 4.25 didapatkan hasil skor table C yaitu 7

2) Nilai Aktivitas yaitu 1
3) Total Skor REBA

Skor REBA total diperoleh dari penjumlahan nilai yang dihasilkan pada Tabel C sebesar 7 dengan skor aktivitas sebesar 1, sehingga skor akhir REBA yang didapatkan adalah 8. Dimana menunjukkan tingkat risiko tinggi, sehingga postur kerja tersebut perlu segera dilakukan perbaikan untuk mengurangi potensi gangguan muskuloskeletal pada pekerja.

5. Responden 5



Gambar 4. 17 Pengukuran Sudut Responden 5

Tabel 4.26 merupakan hasil pengukuran sudut postur berdasarkan aktivitas kerja pada gambar 4.17.

Tabel 4. 26 Data Sudut Postur Tubuh Responden 5

No	Segmen Tubuh	Sudut Yang Terbentuk
1	Leher	25°
2	Punggung	90°
3	Lengan Atas	34°
4	Lengan Bawah	92°
5	Pergelangan Tangan	22°

No	Segmen Tubuh	Sudut Yang Terbentuk
6	Kaki	30°

Sudut postur tubuh yang terbentuk pada responden 5 menunjukkan leher membentuk sudut 19°, punggung 94°, lengan atas 30°, lengan bawah 95°, pergelangan tangan 25° dan kaki 26°.

a. Postur Tubuh Grup A

1) Leher / Neck

Leher membentuk sudut 25°, maka skornya 2

2) Batang Tubuh / Trunk

Batang tubuh membentuk sudut 90°, maka skornya 4

3) Kaki / Legs

Kedua kaki lurus dan membentuk sudut 30°, maka skornya 2

4) Perhitungan Postur Tubuh Grup A

Hasil perhitungan postur pada tubuh Grup A disajikan pada tabel 4.27.

Tabel 4. 27 Skor Grup A REBA Responden 5

Tabel A		Neck											
		1				2				3			
	Legs												
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Trunk Posture Score	1	1	2	3	4	1	2	3	4	3	3	5	6
	2	2	3	4	5	3	4	5	6	4	5	6	7
	3	2	4	5	6	4	5	6	7	5	6	7	8
	4	3	5	6	7	5	6	7	8	6	7	8	9
	5	4	6	7	8	6	7	8	9	7	8	9	9

Berdasarkan tabel 4.27 didapatkan hasil skor tubuh pada grup A yaitu 6

5) Berat Beban

Skor berat beban yaitu 1

6) Total Skor Grup A adalah 6 + 1 = 7

b. Postur Tubuh Grup B

1) Lengan Atas

Lengan atas membentu sudut 34°, maka skornya 2

2) Lengan Bawah

Lenga bawah membentuk sudut 92°, maka skornya 1

3) Pergelangan Tangan

Pergelangan tangan membentuk sudut 22° dan pergelangan tidak pada posis netral/ lurus, maka skornya 3

4) Potur Tubuh B

Hasil perhitungan postur pada tubuh Grup B disajikan pada tabel 4.28:

Tabel 4. 28 Skor Grup B REBA Responden 5

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

Berdasarkan tabel 4.28 didapatkan hasil skor tubuh pada grup B yaitu 3

5) Pegangan

Pegangan tangan pas ditangan, maka skornya 0

6) Total Skor Grup B Adalah 3 + 0 = 3

c. Total Skor REBA

1) Skor Tabel C

Penentuan skor pada Tabel C dilakukan dengan mengombinasikan skor A dan skor B yang telah diperoleh sebelumnya. Selanjutnya, skor A dan skor B tersebut dipertemukan pada Tabel C dengan menarik garis sesuai ketentuan, sehingga diperoleh nilai skor Tabel C sebagai berikut.

Tabel 4. 29 Skor Total REBA Responden 5

Score A	Tabel C											
	Score B											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	1	1	1	2	3	3	4	5	6	7	7	7
2	1	2	2	3	4	4	5	6	6	7	7	8
3	2	3	3	3	4	5	6	7	7	8	8	8
4	3	4	4	4	5	6	7	8	8	9	9	9
5	4	4	4	5	6	7	8	8	9	9	9	9
6	6	6	6	7	8	8	9	9	10	10	10	10
7	7	7	7	8	9	9	9	10	10	11	11	11

Score A	Tabel C											
	Score B											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
8	8	8	8	9	10	10	10	10	10	11	11	11
9	9	9	9	10	10	10	11	11	11	12	12	12
10	10	10	10	11	11	11	11	12	12	12	12	12
11	11	11	11	11	12	12	12	12	12	12	12	12
12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12

Berdasarkan tabel 4.29 didapatkan hasil skor table C yaitu 7

2) Nilai Aktivitas yaitu 1
3) Total Skor REBA

Skor REBA total diperoleh dari penjumlahan nilai yang dihasilkan pada Tabel C sebesar 7 dengan skor aktivitas sebesar 1, sehingga skor akhir REBA yang didapatkan adalah 8. Dimana menunjukkan tingkat risiko tinggi, yang artinya postur kerja tersebut berpotensi menimbulkan gangguan musculoskeletal, sehingga perlu dilakukan perbaikan, namun tidak bersifat mendesak.

6. Responden 6



Gambar 4. 18 Pengukuran Sudut Responden 6

Tabel 4.30 merupakan hasil pengukuran sudut postur berdasarkan aktivitas kerja pada gambar 4.18.

Tabel 4. 30 Data Sudut Postur Tubuh Responden 6

No	Segmen Tubuh	Sudut Yang Terbentuk
1	Leher	35°
2	Punggung	78°
3	Lengan Atas	25°
4	Lengan Bawah	63°
5	Pergelangan Tangan	17°
6	Kaki	33°

Sudut postur tubuh yang terbentuk pada responden 6 menunjukkan leher membentuk sudut 35°, punggung 78°, lengan atas 25°, lengan bawah 63°, pergelangan tangan 17° dan kaki 33°.

a. Postur Tubuh Grup A

1) Leher / Neck

Leher membentuk sudut 35°, maka skornya 2

2) Batang Tubuh / Trunk

Batang tubuh membentuk sudut 78°, maka skornya 3

3) Kaki / Legs

Kedua kaki lurus dan membentuk sudut 33°, maka skornya 2

4) Perhitungan Postur Tubuh Grup A

Hasil perhitungan postur pada tubuh Grup A disajikan pada tabel 4.31

Tabel 4. 31 Skor Grup A REBA Responden 6

Tabel A		Neck											
		1				2				3			
	Legs	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Trunk Posture Score	1	1	2	3	4	1	2	3	4	3	3	5	6
	2	2	3	4	5	3	4	5	6	4	5	6	7
	3	2	4	5	6	4	5	6	7	5	6	7	8
	4	3	5	6	7	5	6	7	8	6	7	8	9
	5	4	6	7	8	6	7	8	9	7	8	9	9

Berdasarkan tabel 4.31 didapatkan hasil skor tubuh pada grup A yaitu 5

5) Berat Beban

Skor berat beban yaitu 1

6) Total Skor Grup A adalah 5 + 1 = 6

b. Postur Tubuh Grup B

1) Lengan Atas

Lengan atas membentu sudut 25°, maka skornya 2

2) Lengan Bawah

Lenga bawah membentuk sudut 63°, maka skornya 1

3) Pergelangan Tangan

Pergelangan tangan membentuk sudut 17° dan pergelangan tidak pada posis netral/ lurus, maka skornya 2

4) Potur Tubuh B

Hasil perhitungan postur pada tubuh Grup B disajikan pada tabel 4.32.

Tabel 4. 32 Skor Grup B REBA Responden 6

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

Berdasarkan tabel 4.32 didapatkan hasil skor tubuh pada grup B yaitu 2

5) Pegangan

Pegangan tangan pas ditangan, maka skornya 0

6) Total Skor Grup B Adalah 2 + 0 = 2

c. Total Skor REBA

1) Skor Tabel C

Penentuan skor pada Tabel C dilakukan dengan mengombinasikan skor A dan skor B yang telah diperoleh sebelumnya. Selanjutnya, skor A dan skor B tersebut dipertemukan pada Tabel C dengan menarik garis sesuai ketentuan, sehingga diperoleh nilai skor Tabel C sebagai berikut.

Tabel 4. 33 Skor Total REBA Responden 6

Score A	Tabel C											
	Score B											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	1	1	1	2	3	3	4	5	6	7	7	7
2	1	2	2	3	4	4	5	6	6	7	7	8
3	2	3	3	3	4	5	6	7	7	8	8	8
4	3	4	4	4	5	6	7	8	8	9	9	9
5	4	4	4	5	6	7	8	8	9	9	9	9
6	6	6	6	7	8	8	9	9	10	10	10	10
7	7	7	7	8	9	9	9	10	10	11	11	11
8	8	8	8	9	10	10	10	10	10	11	11	11
9	9	9	9	10	10	10	11	11	11	12	12	12
10	10	10	10	11	11	11	11	12	12	12	12	12
11	11	11	11	11	12	12	12	12	12	12	12	12
12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12

Berdasarkan tabel 4.33 didapatkan hasil skor table C yaitu 6

2) Nilai Aktivitas yaitu 1

3) Total Skor REBA

Skor REBA total diperoleh dari penjumlahan nilai yang dihasilkan pada Tabel C sebesar 6 dengan skor aktivitas sebesar 1, sehingga skor akhir REBA yang didapatkan adalah 7. Dimana menunjukkan tingkat risiko sedang, sehingga postur kerja tersebut perlu segera dilakukan perbaikan untuk mengurangi potensi gangguan muskuloskeletal pada pekerja.

7. Responden 7



Gambar 4. 19 Pengukuran Sudut Responden 7

Tabel 4.34 merupakan hasil pengukuran sudut postur berdasarkan aktivitas kerja pada gambar 4.19.

Tabel 4. 34 Data Sudut Postur Tubuh Responden 7

No	Segmen Tubuh	Sudut Yang Terbentuk
1	Leher	31°
2	Punggung	80°
3	Lengan Atas	28°
4	Lengan Bawah	55°
5	Pergelangan Tangan	18°
6	Kaki	31°

Sudut postur tubuh yang terbentuk pada responden 7 menunjukkan leher membentuk sudut 31°, punggung 80°, lengan atas 28°, lengan bawah 55°, pergelangan tangan 18° dan kaki 31°.

a. Postur Tubuh Grup A

1) Leher / Neck

Leher membentuk sudut 31°, maka skornya 2

2) Batang Tubuh / Trunk

Batang tubuh membentuk sudut 80°, maka skornya 3

3) Kaki / Legs

Kedua kaki lurus dan membentuk sudut 31°, maka skornya 2

4) Perhitungan Postur Tubuh Grup A

Hasil perhitungan postur pada tubuh Grup A disajikan pada tabel 4.35

Tabel 4. 35 Skor Grup A REBA Responden 7

Tabel A		Neck											
		1				2				3			
	Legs												
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Trunk Posture Score	1	1	2	3	4	1	2	3	4	3	3	5	6
	2	2	3	4	5	3	4	5	6	4	5	6	7
	3	2	4	5	6	4	5	6	7	5	6	7	8
	4	3	5	6	7	5	6	7	8	6	7	8	9
	5	4	6	7	8	6	7	8	9	7	8	9	9

Berdasarkan tabel 4.35 didapatkan hasil skor tubuh pada grup A yaitu 5

5) Berat Beban

Skor berat beban yaitu 1

6) Total Skor Grup A adalah 5 + 1 = 6

b. Postur Tubuh Grup B

1) Lengan Atas

Lengan atas membentu sudut 28°, maka skornya 2

2) Lengan Bawah

Lenga bawah membentuk sudut 55°, maka skornya 2

3) Pergelangan Tangan

Pergelangan tangan membentuk sudut 18° dan pergelangan tidak pada posis netral/ lurus, maka skornya 3

4) Potur Tubuh B

Hasil perhitungan postur pada tubuh Grup B disajikan pada tabel 4.36.

Tabel 4. 36 Skor Grup B REBA Responden 7

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

Berdasarkan tabel 4.36 didapatkan hasil skor tubuh pada grup B yaitu 4

5) Pegangan

Pegangan tangan pas ditangan, maka skornya 0

6) Total Skor Grup B Adalah 4 + 0 = 4

c. Total Skor REBA

1) Skor Tabel C

Penentuan skor pada Tabel C dilakukan dengan mengombinasikan skor A dan skor B yang telah diperoleh sebelumnya. Selanjutnya, skor A dan skor B tersebut dipertemukan pada Tabel C dengan menarik garis sesuai ketentuan, sehingga diperoleh nilai skor Tabel C sebagai berikut.

Tabel 4. 37 Skor Total REBA Responden 7

Score A	Tabel C											
	Score B											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	1	1	1	2	3	3	4	5	6	7	7	7
2	1	2	2	3	4	4	5	6	6	7	7	8
3	2	3	3	3	4	5	6	7	7	8	8	8
4	3	4	4	4	5	6	7	8	8	9	9	9
5	4	4	4	5	6	7	8	8	9	9	9	9
6	6	6	6	7	8	8	9	9	10	10	10	10
7	7	7	7	8	9	9	9	10	10	11	11	11
8	8	8	8	9	10	10	10	10	10	11	11	11
9	9	9	9	10	10	10	11	11	11	12	12	12
10	10	10	10	11	11	11	11	12	12	12	12	12
11	11	11	11	11	12	12	12	12	12	12	12	12
12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12

Berdasarkan tabel 4.37 didapatkan hasil skor table C yaitu 7

2) Nilai Aktivitas yaitu 1
3) Total Skor REBA

Skor REBA total diperoleh dari penjumlahan nilai yang dihasilkan pada Tabel C sebesar 7 dengan skor aktivitas sebesar 1, sehingga skor akhir REBA yang didapatkan adalah 8. Dimana menunjukkan tingkat risiko tinggi, sehingga postur kerja tersebut perlu segera dilakukan perbaikan untuk mengurangi potensi gangguan muskuloskeletal pada pekerja.

8. Responden 8



Gambar 4. 20 Pengukuran Sudut Responden 8

Tabel 4.38 merupakan hasil pengukuran sudut postur berdasarkan aktivitas kerja pada gambar 4.20.

Tabel 4. 38 Data Sudut Postur Tubuh Responden 8

No	Segmen Tubuh	Sudut Yang Terbentuk
1	Leher	36°
2	Punggung	70°
3	Lengan Atas	32°
4	Lengan Bawah	83°
5	Pergelangan Tangan	22°

No	Segmen Tubuh	Sudut Yang Terbentuk
6	Kaki	33°

Sudut postur tubuh yang terbentuk pada responden 8 menunjukkan leher membentuk sudut 36°, punggung 70°, lengan atas 32°, lengan bawah 83°, pergelangan tangan 22° dan kaki 31°.

a. Postur Tubuh Grup A

1) Leher / Neck

Leher membentuk sudut 36°, maka skornya 2

2) Batang Tubuh / Trunk

Batang tubuh membentuk sudut 70°, maka skornya 4

3) Kaki / Legs

Kedua kaki lurus dan membentuk sudut 33°, maka skornya 2

4) Perhitungan Postur Tubuh Grup A

Hasil perhitungan postur pada tubuh Grup A disajikan tabel 4.39.

Tabel 4. 39 Skor Grup A REBA Responden 8

Tabel A		Neck											
		1				2				3			
	Legs												
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Trunk Posture Score	1	1	2	3	4	1	2	3	4	3	3	5	6
	2	2	3	4	5	3	4	5	6	4	5	6	7
	3	2	4	5	6	4	5	6	7	5	6	7	8
	4	3	5	6	7	5	6	7	8	6	7	8	9
	5	4	6	7	8	6	7	8	9	7	8	9	9

Berdasarkan tabel 4.39 didapatkan hasil skor tubuh pada grup A yaitu 6

5) Berat Beban

Skor berat beban yaitu 1

6) Total Skor Grup A adalah 6 + 1 = 7

b. Postur Tubuh Grup B

1) Lengan Atas

Lengan atas membentu sudut 32°, maka skornya 2

2) Lengan Bawah

Lenga bawah membentuk sudut 83°, maka skornya 1

3) Pergelangan Tangan

Pergelangan tangan membentuk sudut 22° dan pergelangan tidak pada posis netral/ lurus, maka skornya 3

4) Potur Tubuh B

Hasil perhitungan postur pada tubuh Grup B disajikan pada tabel 4.40

Tabel 4. 40 Skor Grup B REBA Responden 8

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

Berdasarkan tabel 4.40 didapatkan hasil skor tubuh pada grup B yaitu 3

5) Pegangan

Pegangan tangan pas, maka skornya 0

6) Total Skor Grup B Adalah 3 + 0 = 3

c. Total Skor REBA

1) Skor Tabel C

Penentuan skor pada Tabel C dilakukan dengan mengombinasikan skor A dan skor B yang telah diperoleh sebelumnya. Selanjutnya, skor A dan skor B tersebut dipertemukan pada Tabel C dengan menarik garis sesuai ketentuan, sehingga diperoleh nilai skor Tabel C sebagai berikut.

Tabel 4. 41 Skor Total REBA Responden 8

Score A	Tabel C											
	Score B											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	1	1	1	2	3	3	4	5	6	7	7	7
2	1	2	2	3	4	4	5	6	6	7	7	8
3	2	3	3	3	4	5	6	7	7	8	8	8
4	3	4	4	4	5	6	7	8	8	9	9	9
5	4	4	4	5	6	7	8	8	9	9	9	9
6	6	6	6	7	8	8	9	9	10	10	10	10
7	7	7	7	8	9	9	9	10	10	11	11	11

Score A	Tabel C											
	Score B											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
8	8	8	8	9	10	10	10	10	10	11	11	11
9	9	9	9	10	10	10	11	11	11	12	12	12
10	10	10	10	11	11	11	11	12	12	12	12	12
11	11	11	11	11	12	12	12	12	12	12	12	12
12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12

Berdasarkan tabel 4.41 didapatkan hasil skor table C yaitu 7

2) Nilai Aktivitas yaitu 1
3) Total Skor REBA

Skor REBA total diperoleh dari penjumlahan nilai yang dihasilkan pada Tabel C sebesar 7 dengan skor aktivitas sebesar 1, sehingga skor akhir REBA yang didapatkan adalah 8. Dimana menunjukkan tingkat risiko tinggi, sehingga postur kerja tersebut perlu segera dilakukan perbaikan untuk mengurangi potensi gangguan muskuloskeletal pada pekerja.

9. Responden 9



Gambar 4. 21 Pengukuran Sudut Responden 9

Tabel 4.42 merupakan hasil pengukuran sudut postur berdasarkan aktivitas kerja pada gambar 4.21.

Tabel 4. 42 Data Sudut Postur Tubuh Responden 9

No	Segmen Tubuh	Sudut Yang Terbentuk
1	Leher	27°
2	Punggung	36°
3	Lengan Atas	64°
4	Lengan Bawah	103°
5	Pergelangan Tangan	23°
6	Kaki	25°

Sudut postur tubuh yang terbentuk pada responden 9 menunjukkan leher membentuk sudut 27°, punggung 36°, lengan atas 64°, lengan bawah 103°, pergelangan tangan 23° dan kaki 25°.

a. Postur Tubuh Grup A

1) Leher / Neck

Leher membentuk sudut 27° dan leher miring ke samping, maka skornya 3

2) Batang Tubuh / Trunk

Batang tubuh membentuk sudut 36°, maka skornya 3

3) Kaki / Legs

Kedua kaki lurus, maka skornya 1

4) Perhitungan Postur Tubuh Grup A

Hasil perhitungan postur pada tubuh Grup A disajikan pada tabel 4.43

Tabel 4. 43 Skor Grup A REBA Responden 9

Tabel A		Neck											
		1				2				3			
	Legs	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Trunk Posture Score	1	1	2	3	4	1	2	3	4	3	3	5	6
	2	2	3	4	5	3	4	5	6	4	5	6	7
	3	2	4	5	6	4	5	6	7	5	6	7	8
	4	3	5	6	7	5	6	7	8	6	7	8	9
	5	4	6	7	8	6	7	8	9	7	8	9	9

Berdasarkan tabel 4.43 didapatkan hasil skor tubuh pada grup A yaitu 5

5) Berat Beban

Skor beraat beban yaitu 1

6) Total Skor Grup A adalah 5 + 1 = 6

b. Postur Tubuh Grup B

1) Lengan Atas

Lengan atas membentu sudut 64°, maka skornya 3

2) Lengan Bawah

Lenga bawah membentuk sudut 103°, maka skornya 2

3) Pergelangan Tangan

Pergelangan tangan membentuk sudut 23°, maka skornya 2

4) Potur Tubuh B

Hasil perhitungan postur pada tubuh Grup B disajikan pada tabel 4.44.

Tabel 4. 44 Skor Grup B REBA Responden 9

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

Berdasarkan tabel 4.44 didapatkan hasil skor tubuh pada grup B yaitu 5

5) Pegangan

Pegangan tangan pas ditangan, maka skornya 0

6) Total Skor Grup B Adalah 5 + 0 = 5

c. Total Skor REBA

1) Skor Tabel C

Penentuan skor pada Tabel C dilakukan dengan mengombinasikan skor A dan skor B yang telah diperoleh sebelumnya. Selanjutnya, skor A dan skor B tersebut dipertemukan pada Tabel C dengan menarik garis sesuai ketentuan, sehingga diperoleh nilai skor Tabel C sebagai berikut.

Tabel 4. 45 Skor Total REBA Responden 9

Score A	Tabel C											
	Score B											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	1	1	1	2	3	3	4	5	6	7	7	7
2	1	2	2	3	4	4	5	6	6	7	7	8
3	2	3	3	3	4	5	6	7	7	8	8	8
4	3	4	4	4	5	6	7	8	8	9	9	9
5	4	4	4	5	6	7	8	8	9	9	9	9
6	6	6	6	7	8	8	9	9	10	10	10	10
7	7	7	7	8	9	9	9	10	10	11	11	11
8	8	8	8	9	10	10	10	10	10	11	11	11
9	9	9	9	10	10	10	11	11	11	12	12	12
10	10	10	10	11	11	11	11	12	12	12	12	12
11	11	11	11	11	12	12	12	12	12	12	12	12
12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12

Berdasarkan tabel 4.45 didapatkan hasil skor table C yaitu 8

2) Nilai Aktivitas yaitu 1

3) Total Skor REBA

Skor REBA total diperoleh dari penjumlahan nilai yang dihasilkan pada Tabel C sebesar 8 dengan skor aktivitas sebesar 1, sehingga skor akhir REBA yang didapatkan adalah 9. Dimana menunjukkan tingkat risiko tinggi, sehingga postur kerja tersebut perlu segera dilakukan perbaikan untuk mengurangi potensi gangguan muskuloskeletal pada pekerja.

10. Responden 10



Gambar 4. 22 Pengukuran Sudut Responden 10

Tabel 4.46 merupakan hasil pengukuran sudut postur berdasarkan aktivitas kerja pada gambar 4.22.

Tabel 4. 46 Data Sudut Postur Tubuh Responden 10

No	Segmen Tubuh	Sudut Yang Terbentuk
1	Leher	21°
2	Punggung	89°
3	Lengan Atas	33°
4	Lengan Bawah	81°
5	Pergelangan Tangan	16°
6	Kaki	34°

Sudut postur tubuh yang terbentuk pada responden 10 menunjukkan leher membentuk sudut 21°, punggung 89°, lengan atas 33°, lengan bawah 81°, pergelangan tangan 16° dan kaki 34°.

a. Postur Tubuh Grup A

1) Leher / Neck

Leher membentuk sudut 21° dan leher miring ke samping, maka skornya 3

2) Batang Tubuh / Trunk

Batang tubuh membentuk sudut 89° dan punggung miring ke samping, maka skornya 5

3) Kaki / Legs

Kedua kaki lurus dan membentuk sudut 34°, maka skornya 2

4) Perhitungan Postur Tubuh Grup A

Hasil perhitungan postur pada tubuh Grup A disajikan pada tabel 4.47.

Tabel 4. 47 Skor Grup A REBA Responden 10

Tabel A		Neck											
		1				2				3			
	Legs												
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Trunk Posture Score	1	1	2	3	4	1	2	3	4	3	3	5	6
	2	2	3	4	5	3	4	5	6	4	5	6	7
	3	2	4	5	6	4	5	6	7	5	6	7	8
	4	3	5	6	7	5	6	7	8	6	7	8	9
	5	4	6	7	8	6	7	8	9	7	8	9	9

Berdasarkan tabel 4.47 didapatkan hasil skor tubuh pada grup A yaitu 8

5) Berat Beban

Skor berat beban yaitu 1

6) Total Skor Grup A adalah 8 + 1 = 9

b. Postur Tubuh Grup B

1) Lengan Atas

Lengan atas membentu sudut 33°, maka skornya 2

2) Lengan Bawah

Lenga bawah membentuk sudut 81°, maka skornya 1

3) Pergelangan Tangan

Pergelangan tangan membentuk sudut 16° dan pergelangan tidak pada posis netral/ lurus, maka skornya 3

4) Potur Tubuh B

Hasil perhitungan postur pada tubuh Grup B disajikan pada tabel 4.48.

Tabel 4. 48 Skor Grup B REBA Responden 10

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

Berdasarkan tabel 4.48 didapatkan hasil skor tubuh pada grup B yaitu 3

5) Pegangan

Pegangan tangan pas, maka skornya 0

6) Total Skor Grup B Adalah 3 + 0 = 3

c. Total Skor REBA

1) Skor Tabel C

Penentuan skor pada Tabel C dilakukan dengan mengombinasikan skor A dan skor B yang telah diperoleh sebelumnya. Selanjutnya, skor A dan skor B tersebut dipertemukan pada Tabel C dengan menarik garis sesuai ketentuan, sehingga diperoleh nilai skor Tabel C sebagai berikut.

Tabel 4. 49 Skor Total REBA Responden 10

Score A	Tabel C											
	Score B											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	1	1	1	2	3	3	4	5	6	7	7	7
2	1	2	2	3	4	4	5	6	6	7	7	8
3	2	3	3	3	4	5	6	7	7	8	8	8
4	3	4	4	4	5	6	7	8	8	9	9	9
5	4	4	4	5	6	7	8	8	9	9	9	9
6	6	6	6	7	8	8	9	9	10	10	10	10
7	7	7	7	8	9	9	9	10	10	11	11	11
8	8	8	8	9	10	10	10	10	10	11	11	11
9	9	9	9	10	10	10	11	11	11	12	12	12
10	10	10	10	11	11	11	11	12	12	12	12	12
11	11	11	11	11	12	12	12	12	12	12	12	12
12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12

Berdasarkan tabel 4.49 didapatkan hasil skor table C yaitu 9

2) Nilai Aktivitas yaitu 1
3) Total Skor REBA

Skor REBA total diperoleh dari penjumlahan nilai yang dihasilkan pada Tabel C sebesar 9 dengan skor aktivitas sebesar 1, sehingga skor akhir REBA yang didapatkan adalah 10. Dimana menunjukkan tingkat risiko tinggi, sehingga postur kerja tersebut perlu segera dilakukan perbaikan untuk mengurangi potensi gangguan muskuloskeletal pada pekerja.

11. Responden 11



Gambar 4. 23 Pengukuran Sudut Responden 11

Tabel 4.50 merupakan hasil pengukuran sudut postur berdasarkan aktivitas kerja pada gambar 4.23.

Tabel 4. 50 Data Sudut Postur Tubuh Responden 11

No	Segmen Tubuh	Sudut Yang Terbentuk
1	Leher	30°
2	Punggung	78°
3	Lengan Atas	32°
4	Lengan Bawah	90°
5	Pergelangan Tangan	16°

No	Segmen Tubuh	Sudut Yang Terbentuk
6	Kaki	32°

Sudut postur tubuh yang terbentuk pada responden 11 menunjukkan leher membentuk sudut 30°, punggung 78°, lengan atas 32°, lengan bawah 90°, pergelangan tangan 16° dan kaki 32°.

a. Postur Tubuh Grup A

1) Leher / Neck

Leher membentuk sudut 30°, maka skornya 2

2) Batang Tubuh / Trunk

Batang tubuh membentuk sudut 78°, maka skornya 4

3) Kaki / Legs

Kedua kaki lurus dan membentuk sudut 32°, maka skornya 2

4) Perhitungan Postur Tubuh Grup A

Hasil perhitungan postur pada tubuh Grup A disajikan pada tabel 4.51.

Tabel 4. 51 Skor Grup A REBA Responden 11

Tabel A		Neck											
		1				2				3			
	Legs												
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Trunk Posture Score	1	1	2	3	4	1	2	3	4	3	3	5	6
	2	2	3	4	5	3	4	5	6	4	5	6	7
	3	2	4	5	6	4	5	6	7	5	6	7	8
	4	3	5	6	7	5	6	7	8	6	7	8	9
	5	4	6	7	8	6	7	8	9	7	8	9	9

Berdasarkan tabel 4.51 didapatkan hasil skor tubuh pada grup A yaitu 6

5) Berat Beban

Skor berat beban yaitu 1

6) Total Skor Grup A adalah 6 + 1 = 7

b. Postur Tubuh Grup B

1) Lengan Atas

Lengan atas membentu sudut 32°, maka skornya 2

2) Lengan Bawah

Lenga bawah membentuk sudut 90°, maka skornya 1

3) Pergelangan Tangan

Pergelangan tangan membentuk sudut 16° dan pergelangan tidak pada posis netral/ lurus, maka skornya 3

4) Potur Tubuh B

Hasil perhitungan postur pada tubuh Grup B disajikan pada tabel 4.52.

Tabel 4. 52 Skor Grup B REBA Responden 11

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

Berdasarkan tabel 4.52 didapatkan hasil skor tubuh pada grup B yaitu 3

5) Pegangan

Pegangan tanganpas, maka skornya 0

6) Total Skor Grup B Adalah 3 + 0 = 3

c. Total Skor REBA

1) Skor Tabel C

Penentuan skor pada Tabel C dilakukan dengan mengombinasikan skor A dan skor B yang telah diperoleh sebelumnya. Selanjutnya, skor A dan skor B tersebut dipertemukan pada Tabel C dengan menarik garis sesuai ketentuan, sehingga diperoleh nilai skor Tabel C sebagai berikut.

Tabel 4. 53 Skor Total REBA Responden 11

Score A	Tabel C											
	Score B											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	1	1	1	2	3	3	4	5	6	7	7	7
2	1	2	2	3	4	4	5	6	6	7	7	8
3	2	3	3	3	4	5	6	7	7	8	8	8
4	3	4	4	4	5	6	7	8	8	9	9	9
5	4	4	4	5	6	7	8	8	9	9	9	9
6	6	6	6	7	8	8	9	9	10	10	10	10
7	7	7	7	8	9	9	9	10	10	11	11	11

Score A	Tabel C											
	Score B											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
8	8	8	8	9	10	10	10	10	10	11	11	11
9	9	9	9	10	10	10	11	11	11	12	12	12
10	10	10	10	11	11	11	11	12	12	12	12	12
11	11	11	11	11	12	12	12	12	12	12	12	12
12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12

Berdasarkan tabel 4.53 didapatkan hasil skor table C yaitu 7

2) Nilai Aktivitas yaitu 1
3) Total Skor REBA

Skor REBA total diperoleh dari penjumlahan nilai yang dihasilkan pada Tabel C sebesar 7 dengan skor aktivitas sebesar 1, sehingga skor akhir REBA yang didapatkan adalah 8. Dimana menunjukkan tingkat risiko tinggi, sehingga postur kerja tersebut perlu segera dilakukan perbaikan untuk mengurangi potensi gangguan muskuloskeletal pada pekerja.

12. Responden 12



Gambar 4. 24 Pengukuran Sudut Responden 12

Tabel 4.54 merupakan hasil pengukuran sudut postur berdasarkan aktivitas kerja pada gambar 4.24.

Tabel 4. 54 Data Sudut Postur Tubuh Responden 12

No	Segmen Tubuh	Sudut Yang Terbentuk
1	Leher	28°
2	Punggung	77°
3	Lengan Atas	30°
4	Lengan Bawah	48°
5	Pergelangan Tangan	19°
6	Kaki	34°

Sudut postur tubuh yang terbentuk pada responden 12 menunjukkan leher membentuk sudut 30°, punggung 78°, lengan atas 32°, lengan bawah 90°, pergelangan tangan 16° dan kaki 32°.

a. Postur Tubuh Grup A

1) Leher / Neck

Leher membentuk sudut 28°, maka skornya 2

2) Batang Tubuh / Trunk

Batang tubuh membentuk sudut 77°, maka skornya 4

3) Kaki / Legs

Kedua kaki lurus dan membentuk sudut 34°, maka skornya 2

4) Perhitungan Postur Tubuh Grup A

Hasil perhitungan postur pada tubuh Grup A disajikan pada tabel 4.55.

Tabel 4. 55 Skor Grup A REBA Responden 12

Tabel A		Neck											
		1				2				3			
	Legs	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Trunk Posture Score	1	1	2	3	4	1	2	3	4	3	3	5	6
	2	2	3	4	5	3	4	5	6	4	5	6	7
	3	2	4	5	6	4	5	6	7	5	6	7	8
	4	3	5	6	7	5	6	7	8	6	7	8	9
	5	4	6	7	8	6	7	8	9	7	8	9	9

Berdasarkan tabel 4.55 didapatkan hasil skor tubuh pada grup A yaitu 6

5) Berat Beban

Skor beban yaitu 1

6) Total Skor Grup A adalah 6 + 1 = 7

b. Postur Tubuh Grup B

1) Lengan Atas

Lengan atas membentu sudut 30°, maka skornya 2

2) Lengan Bawah

Lenga bawah membentuk sudut 48°, maka skornya 2

3) Pergelangan Tangan

Pergelangan tangan membentuk sudut 19° dan pergelangan tidak pada posis netral/ lurus, maka skornya 3

4) Potur Tubuh B

Hasil perhitungan postur pada tubuh Grup B disajikan pada tabel 4.56.

Tabel 4. 56 Skor Grup B REBA Responden 12

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

Berdasarkan tabel 4.56 didapatkan hasil skor tubuh pada grup B yaitu 4

5) Pegangan

Pegangan tangan pas, maka skornya 0

6) Total Skor Grup B Adalah 4 + 0 = 4

c. Total Skor REBA

1) Skor Tabel C

Penentuan skor pada Tabel C dilakukan dengan mengombinasikan skor A dan skor B yang telah diperoleh sebelumnya. Selanjutnya, skor A dan skor B tersebut dipertemukan pada Tabel C dengan menarik garis sesuai ketentuan, sehingga diperoleh nilai skor Tabel C sebagai berikut.

Tabel 4. 57 Skor Total REBA Responden 12

Score A	Tabel C											
	Score B											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	1	1	1	2	3	3	4	5	6	7	7	7
2	1	2	2	3	4	4	5	6	6	7	7	8
3	2	3	3	3	4	5	6	7	7	8	8	8
4	3	4	4	4	5	6	7	8	8	9	9	9
5	4	4	4	5	6	7	8	8	9	9	9	9
6	6	6	6	7	8	8	9	9	10	10	10	10
7	7	7	7	8	9	9	9	10	10	11	11	11
8	8	8	8	9	10	10	10	10	10	11	11	11
9	9	9	9	10	10	10	11	11	11	12	12	12
10	10	10	10	11	11	11	11	12	12	12	12	12
11	11	11	11	11	12	12	12	12	12	12	12	12
12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12

Berdasarkan tabel 4.57 didapatkan hasil skor table C yaitu 8

2) Nilai Aktivitas yaitu 1
3) Total Skor REBA

   Skor REBA total diperoleh dari penjumlahan nilai yang dihasilkan pada Tabel C sebesar 8 dengan skor aktivitas sebesar 1, sehingga skor akhir REBA yang didapatkan adalah 9. Dimana menunjukkan tingkat risiko tinggi, sehingga postur kerja tersebut perlu segera dilakukan perbaikan untuk mengurangi potensi gangguan muskuloskeletal pada pekerja.

4.2.3 DFMEA

Metode Design Failure Mode and Effects Analysis (DFMEA) digunakan untuk mengidentifikasi potensi kegagalan (*failure mode*) pada setiap komponen desain usulan, mengetahui penyebab kegagalan (*failure cause*), dampak yang ditimbulkan (*failure effect*), serta menentukan prioritas perbaikan berdasarkan nilai Risk Priority Number (RPN). Identifikasi Risiko dapat dilihat pada tabel 4.58.

Tabel 4. 58 Identifikasi Risiko

Aktivitas Kerja	Mode Kegagalan / *Failure Mode*	Penyebab Kegagalan/ *Cause of Failure*	Akibat Kegagalan/ *Failure Effect*
Pawon	Posisi pawon terlalu rendah sehingga pekerja harus membungkuk saat melakukan pengadukan	Tinggi pawon terlalu rendahdan belum mempertimbangkan antropometri pekerja	Pekerja mengalami postur membungkuk dalam waktu lama sehingga meningkatkan beban pada punggung dan pinggang serta menimbulkan keluhan
Pengadukan gula pada wajan	Jangkauan berlebih sehingga tubuh mencondongkan badan ke depan secara ekstrem	Ukuran dan diameter wajan disesuaikan dengan kapasitas produksi, tetapi belum mempertimbangkan jangkauan pekerja	Pekerja harus menjangkau lebih jauh dan mencondongkan tubuh sehingga meningkatkan beban pada bahu, lengan, dan punggung
Pengadukan gula secara manual	Pengadukan dilakukan menggunakan tenaga pekerja secara berulang	Belum tersedia mekanisme atau alat bantu untuk mengurangi tenaga yang digunakan dalam pengadukan	Pekerja mengalami kelelahan pada bahu, lengan, dan punggung akibat 114erakan

Aktivitas Kerja	Mode Kegagalan / *Failure Mode*	Penyebab Kegagalan/ *Cause of Failure*	Akibat Kegagalan/ *Failure Effect*
			berulang selama proses pengadukan
Pemindahan gula	Gula dipindahkan secara manual menggunakan tenaga pekerja	Belum tersedia fasilitas pemindahan yang dapat membantu proses pemindahan Gula	Pekerja perlu membungkuk atau menyesuaikan posisi tubuh saat memindahkan hasil pemasakan sehingga meningkatkan beban pada punggung dan lengan

Setelah mengidentifikasi Risiko selanjutnya melakukan penilaian Risiko yang disajikan pada tabel 4.59

Tabel 4. 59 Penilaian Risiko

Aktivitas Kerja	*Failure Mode*	S	O	D	RPN
Pawon	Posisi pawon terlalu rendah sehingga pekerja harus membungkuk	5	8	2	96
wajan	Bagian wajan sulit dijangkau dari posisi berdiri	5	7	2	70
Pengadukan gula secara manual	Pengadukan dilakukan menggunakan	6	8	2	96

Aktivitas Kerja	*Failure Mode*	S	O	D	RPN
Pemindahan gula	tenaga pekerja secara berulang Gula dipindahkan secara manual menggunakan tenaga pekerja	6	6	2	72

4.2.4 Antropometri

4.2.4.1 Uji Kecukupan Data

Uji kecukupan data dilakukan untuk mengetahui apakah jumlah data antropometri yang diperoleh dari pengukuran 12 responden telah mencukupi untuk digunakan pada tahap pengolahan data selanjutnya. Pengujian ini dilakukan pada setiap dimensi antropometri yang digunakan dalam penelitian, yaitu tinggi siku berdiri, lebar bahu, diameter genggaman tangan. Perhitungan uji kecukupan data dilakukan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$N' = \left[\frac{k/s\sqrt{N\sum X^2 - (\sum X)^2}}{\sum X}\right]^2$$

Dengan tingkat keyakinan (k) = 95% = 2

Tingkat ketelitian (S) = 5% = 0,05

Jika N ≥ N' maka data dianggap cukup (mencukupi tingkat kepercayaan dan Tingkat ketelitian)

Jika N < N' maka data dianggap tidak cukup

Berikut merupakan hasil uji kecukupan data:

1. Dimensi TSB

$$N' = \left[\frac{k/s\sqrt{N\sum X^2 - (\sum X)^2}}{\sum X}\right]^2$$

$$N' = \left[\frac{2/0{,}05\sqrt{12(1373584) - (114668)}}{1172}\right]^2$$

$$N' = 2{,}8329$$

Karena N ≥ N' yaitu 12 ≥ 2,8329 maka data dianggap cukup

2. Dimensi LB

$$N' = \left[\frac{k/s\sqrt{N\sum X^2 - (\sum X)^2}}{\sum X}\right]^2$$

$$N' = \left[\frac{2/0{,}05\sqrt{12(208849) - (17447)}}{457}\right]^2$$

$$N' = 3{,}9454$$

Karena N ≥ N' yaitu 12 ≥ 3,9454maka data dianggap cukup

3. Dimensi DGT

$$N' = \left[\frac{k/s\sqrt{N\sum X^2 - (\sum X)^2}}{\sum X}\right]^2$$

$$N' = \left[\frac{2/0{,}05\sqrt{12(2632) - (220)}}{51}\right]^2$$

$$N' = 2{,}8329$$

Karena N ≥ N' yaitu 12 ≥ 8,6272 maka data dianggap cukup

4.2.4.2 Uji Keseragaman Data

Uji keseragaman data dilakukan untuk mengetahui apakah data antropometri yang diperoleh dari 12 responden berada dalam batas yang seragam atau berasal dari kondisi pengukuran yang sama. Pengujian ini dilakukan pada setiap dimensi antropometri yang digunakan dalam penelitian, yaitu tinggi siku berdiri, lebar bahu, diameter genggaman tangan. Berikut merupakan hasil uji kecukupan data:

1. Dimensi TSB

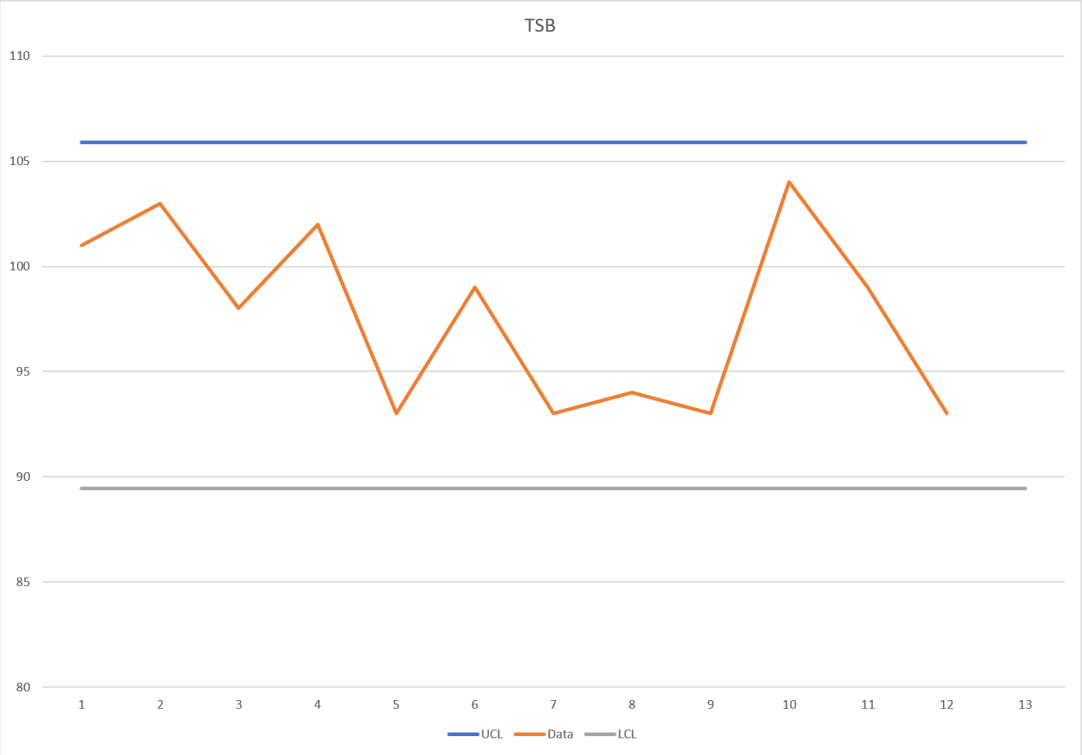
$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(xi - \bar{x})^2}{n-1}}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(101 - 98{,}46)^2 + (103 - 98{,}46)^2 + \ldots + (98 - 98{,}46)^2}{13-1}}$$

$$\sigma = 4{,}1096$$

$$BKA = \bar{X} + k\sigma = 97{,}6667 + 2(4{,}1096) = 105{,}8858$$

$$BKB = \bar{X} - k\sigma = 97{,}6667 - 2(4{,}1096) = 89{,}4474$$



Gambar 4. 25 Uji Keseragaman Data Dimensi Tinggi Siku Berdiri

Dari grafik pada gambar 4.25 dapat dilihat bahwa seluruh titik data berada di dalam batas kontrol. Dengan demikian, data tersebut dapat dinyatakan seragam.

2. Dimensi LB

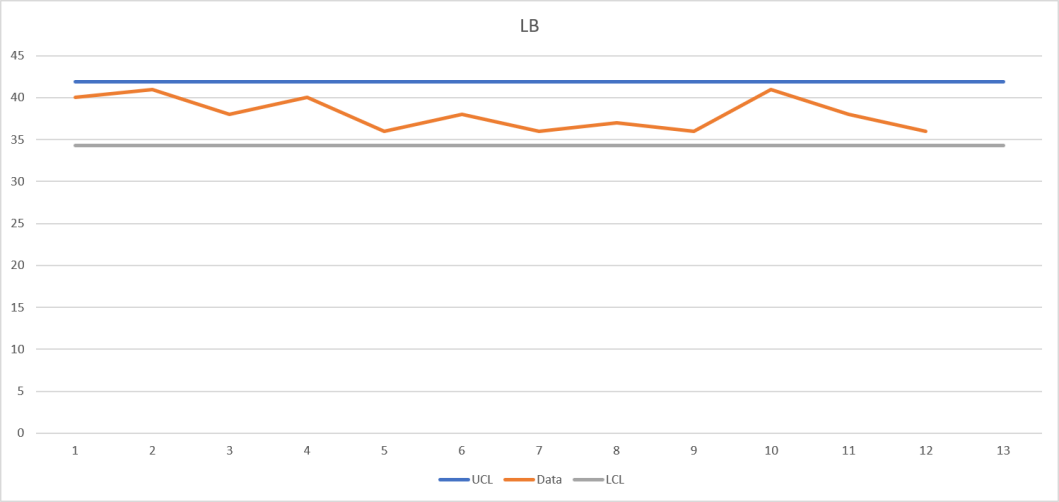
$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(xi - \bar{x})^2}{n-1}}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(40 - 38{,}0833)^2 + (41 - 38{,}0833)^2 + \ldots + (38 - 38{,}0833)^2}{12-1}}$$

$$\sigma = 1{,}8911$$

$$BKA = \bar{X} + k\sigma = 38{,}0833 + 2(1{,}8911) = 41{,}8656$$

$$BKB = \bar{X} - k\sigma = 38{,}0833 - 2(1{,}8911) = 34{,}3010$$



Gambar 4. 26 Keseragaman Data Dimensi Lebar Bahu

Dari grafik pada gambar 4.26 dapat dilihat bahwa seluruh titik data berada di dalam batas kontrol. Dengan demikian, data tersebut dapat dinyatakan seragam.

3. Dimensi DGT

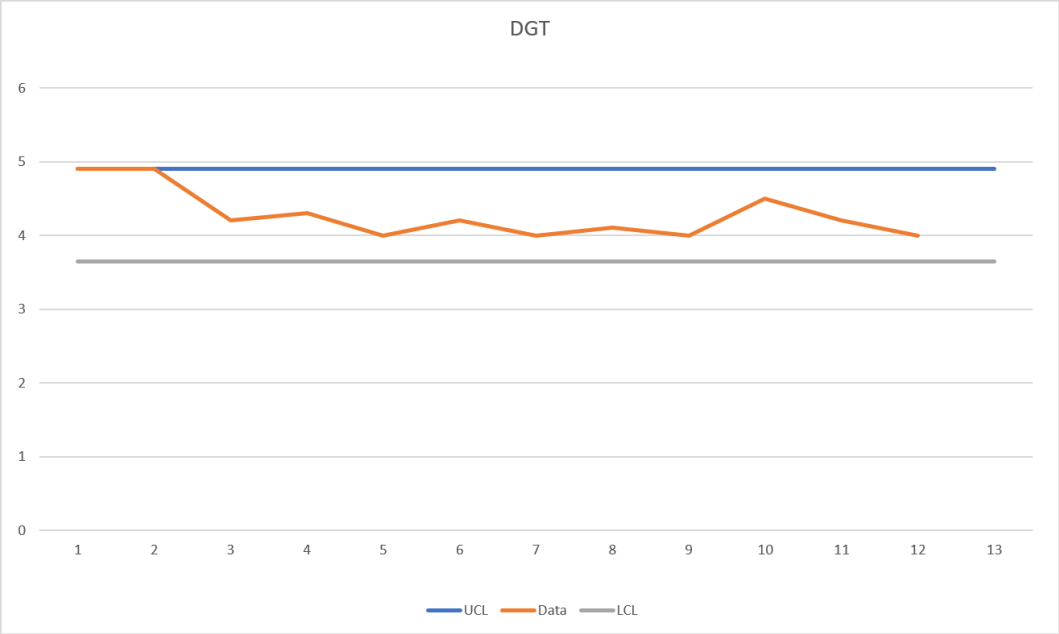
$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(xi - \bar{x})^2}{n-1}}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(4{,}9 - 4{,}28)^2 + (4{,}9 - 4{,}28 + \ldots + (4{,}2 - 4{,}38)^2}{12-1}}$$

$$\sigma = 0{,}3139$$

$$BKA = \bar{X} + k\sigma \ = 4{,}2750 + 2(0{,}3139) = 4{,}9028$$

$$BKB = \bar{X} - k\sigma = 4{,}2750 \ - \ 2(0{,}3139) = 3{,}6471$$



Gambar 4. 27 Keseragaman Data Dimensi Diameter Genggaman Tangan

Dari grafik pada gambar 4.27 dapat dilihat bahwa seluruh titik data berada di dalam batas kontrol. Dengan demikian, data tersebut dapat dinyatakan seragam.

4.2.4.3 Uji Normalitas Data

Uji normalitas data dilakukan untuk mengetahui apakah data antropometri yang diperoleh dari 13 responden berdistribusi normal atau tidak. Pengujian normalitas dilakukan pada setiap dimensi antropometri yang digunakan dalam penelitian, yaitu tinggi siku berdiri, lebar bahu, diameter genggaman tangan. Hasil uji normalitas data antropometri dapat disajikan pada gambar 4.28.

Tests of Normality

	Kolmogorov-Smirnov[a]			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
TSB	.201	13	.154	.897	13	.120
LB	.185	13	.200*	.882	13	.077
DGT	.261	13	.016	.795	13	.006

*. This is a lower bound of the true significance.

a. Lilliefors Significance Correction

Gambar 4. 28 Uji Normalitas Data

Berdasarkan uji normalitas menggunakan Shapiro-Wilk pada gambar 4.28, variabel TSB memiliki nilai signifikansi sebesar 0,120 dan LB sebesar 0,077, sehingga keduanya

berdistribusi normal karena nilai Sig. > 0,05. Sementara itu, variabel DGT memiliki nilai signifikansi sebesar 0,006 < 0,05, sehingga data DGT dinyatakan tidak berdistribusi normal

4.2.4.4 Perhitungan Persentil

Perhitungan persentil digunakan untuk menentukan ukuran tubuh yang dapat mewakili sebagian besar populasi pengguna. Berikut merupakan perhitungan persentil P_5, P_{50}, P_{95} yang digunakan pada setiap dimensi:

a. Tinggi Siku Berdiri (TSB)

$\bar{X}$ = 97,6667

Zx = 1,645

SD = 4,2923

$P_5 = \bar{X} - (Zx \times SD)$

$= 97,6667 - (1,645 \times 4,2923)$

$= 90,6058$

$P_{50} = \bar{X} - (Zx \times SD)$

$= 97,6667 + (0 \times 4,2923)$

$= 97,6667$

$P_{95} = \bar{X} + (Zx \times SD)$

$= 97,6667 + (1,645 \times 4,2923)$

$= 104,7276$

b. Lebar Bahu (LB)

$\bar{X}$ = 38,0833

Zx = 1,645

SD = 1,9752

$P_5 = \bar{X} - (Zx \times SD)$

$= 38,0833 - (1,645 \times 1,9752)$

$= 34,8341$

$P_{50} = \bar{X} - (Zx \times SD)$

$= 38,0833 + (0 \times 1,9752)$

$= 38,0833$

$P_{95} = \bar{X} + (Zx \times SD)$

$= 38,0833 + (1,645 \times 1,9752)$

$= 41,3326$

c. Diameter genggaman tangan (DGT)

$\bar{X}$ = 4,2833

Zx = 1,645

SD = 0,3460

$P_5 = \bar{X} - (Zx \times SD)$

= 4,2833 - (1,645 × 0,473)

= 3,7142

$P_{50} = \bar{X} - (Zx \times SD)$

= 4,2833 + (0 × 0,473)

= 4,2833

$P_{95} = \bar{X} + (Zx \times SD)$

= 4,2833 + (1,645 × 0,473)

= 4,8525

Berdasarkan hasil perhitungan persentil, selanjutnya dipilih nilai persentil yang sesuai dengan fungsi masing-masing dimensi antropometri pada rancangan alat pengaduk. Pemilihan persentil dilakukan berdasarkan kebutuhan pada setiap bagian alat agar sesuai dengan ukuran tubuh pekerja. Pemilihan persentil dan penerapannya pada rancangan dapat dilihat pada tabel 4.60.

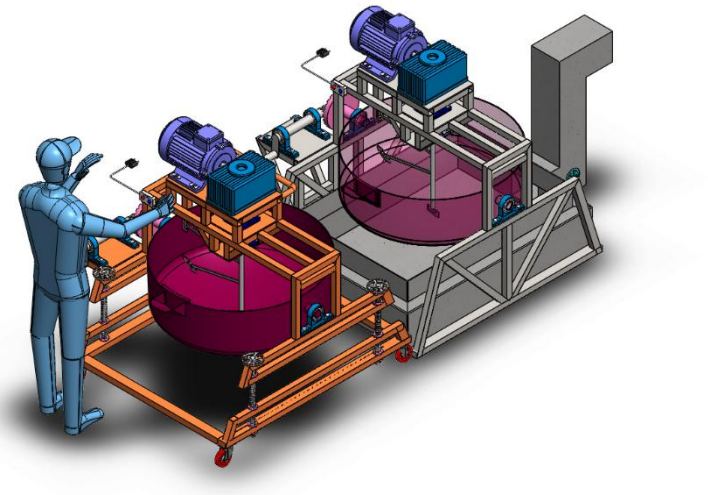
Tabel 4. 60 Pemilihan Persentil

No.	Dimensi Antropometri	Persentil yang Dipilih	Nilai (cm)	Penerapan pada Rancangan
1	Tinggi Siku Berdiri (TSB)	P5	90,6058	Menentukan tinggi alat pengaduk
2	Lebar Bahu (LB)	P95	41,3326	Menentukan lebar pegangan yang digunakan untuk mendorong alat
3	Diameter Genggaman Tangan (DGT)	P5	3,7142	Menentukan diameter pegangan alat pengaduk

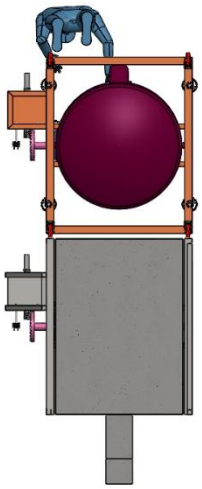
Berdasarkan Tabel X, dimensi Tinggi Siku Berdiri (TSB) menggunakan persentil ke-5 (P5) dengan nilai 90,6058 cm sebagai dasar penentuan tinggi alat pengaduk. Dimensi Lebar Bahu (LB) menggunakan persentil ke-95 (P95) dengan nilai 41,3326 cm untuk menentukan lebar pegangan yang digunakan dalam mendorong alat. Sementara itu, Diameter Genggaman Tangan (DGT) menggunakan persentil ke-5 (P5) dengan nilai 3,7142 cm sebagai dasar penentuan diameter pegangan alat pengaduk.

4.3 Desain Usulan

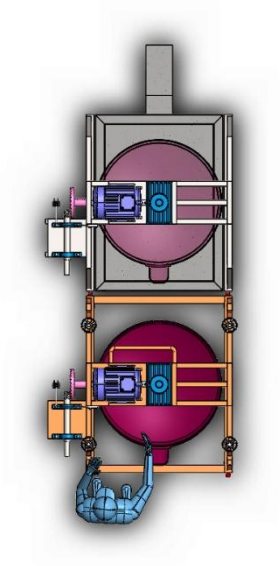
Berikut merupakan desain visual rancangan produk usulan



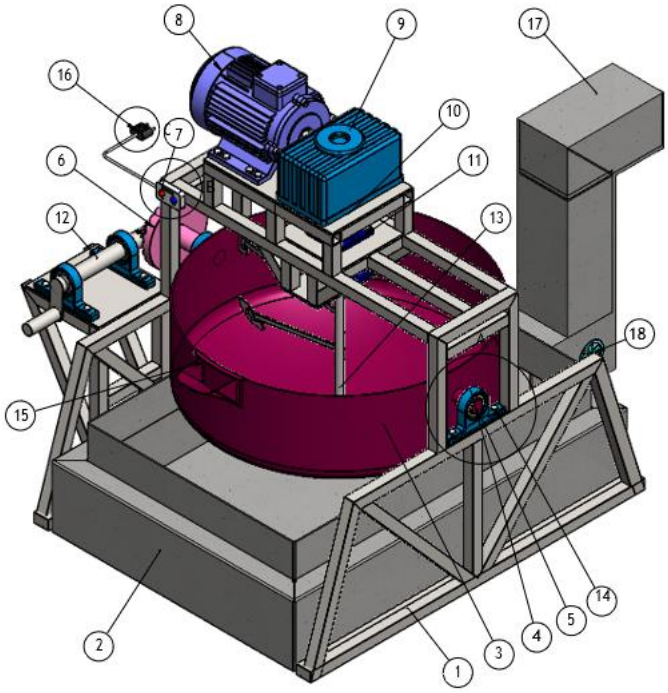
Gambar 4. 29 Desain Usulan



Gambar 4. 30 Desain Usulan Tampak Bawah



Gambar 4. 31 Desain Usulan Tampak Bawah



Gambar 4. 32 Desain Usulan Pawon 1

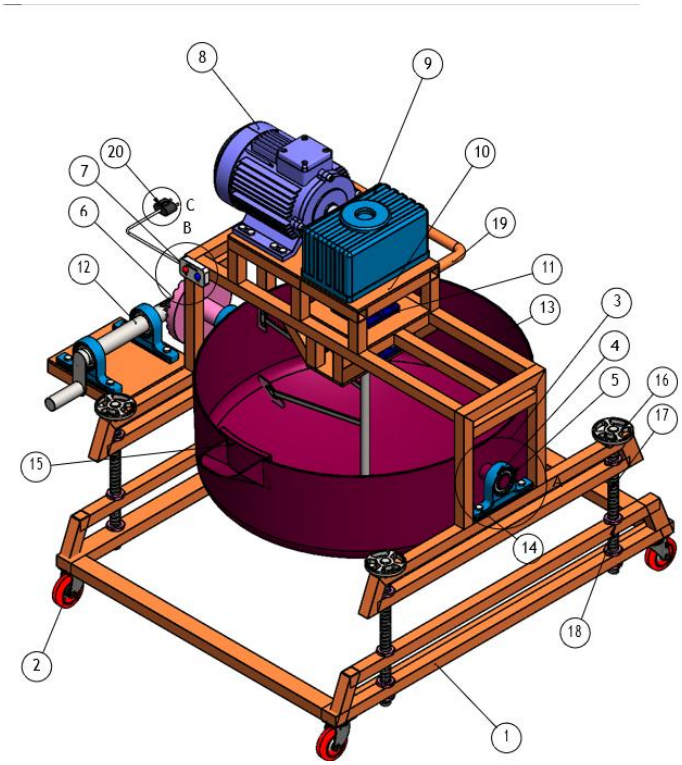
Detail komponen pada desain usulan pawon 1 gambar 4.32 disajikan sebagai berikut

1. *Frame* merupakan rangka utama alat yang berfungsi sebagai struktur penopang seluruh komponen alat pengaduk. *Frame* dibuat dari besi *hollow* 50 × 50 dengan jumlah 1 set. Komponen ini menjadi struktur dasar tempat komponen-komponen lainnya dipasang.

2. Bak Kayu Bakar merupakan bagian yang digunakan sebagai tempat pembakaran kayu untuk menghasilkan panas pada proses pemasakan gula jawa. Komponen ini menggunakan material besi/*stainless steel* dengan lapisan dalam semen/batu tahan api dan berjumlah 1 buah. Lapisan tahan api digunakan pada bagian dalam bak yang berhubungan langsung dengan panas hasil pembakaran.
3. Wajan merupakan wadah yang digunakan untuk menampung nira selama proses pemasakan dan pengadukan gula jawa. Wajan menggunakan material *stainless* steel 304 dengan jumlah 1 buah. Komponen ini menjadi tempat berlangsungnya proses pemasakan dan pengadukan nira.
4. *Housing Bearing* merupakan dudukan yang digunakan untuk menempatkan *bearing* pada sistem poros pengaduk. Komponen ini menggunakan material *cast iron* dan berjumlah 4 buah. *Housing bearing* membantu mempertahankan posisi *bearing* agar tetap terpasang pada rangka alat.
5. *Bearing* merupakan komponen yang menopang poros dan memungkinkan poros berputar dengan stabil. *Bearing* menggunakan material *stainless steel* dan berjumlah 4 buah. Komponen ini bekerja bersama housing bearing dalam mendukung sistem putaran poros pengaduk.
6. *Worm Gear* merupakan komponen mekanisme transmisi yang digunakan dalam sistem penggerak dan pengaturan alat. Komponen ini menggunakan material ASTM A36 dan berjumlah 4 buah. *Worm gear* bekerja bersama *handle worm gear* untuk mendukung mekanisme pengaturan pada alat.
7. Panel *ON-OFF* Panel *ON-OFF* merupakan bagian kontrol yang digunakan untuk mengoperasikan alat, yaitu untuk menghidupkan dan mematikan sistem penggerak. Komponen ini menggunakan material plastik dan berjumlah 1 buah.
8. Motor Listrik merupakan sumber tenaga penggerak pada alat pengaduk. Motor yang digunakan memiliki kapasitas 1/5 HP dengan material *cast iron* dan berjumlah 1 buah. Motor menghasilkan putaran yang kemudian diteruskan melalui sistem transmisi menuju mekanisme pengaduk.
9. *Gear Box*/Dinamo merupakan bagian dari sistem transmisi yang berfungsi meneruskan dan mengatur tenaga putar dari motor menuju sistem pengaduk. Komponen ini menggunakan material cast iron, memiliki spesifikasi 200–250 watt, dan berjumlah 1 buah.

10. *Connector Shaft* merupakan komponen penghubung pada sistem poros yang berfungsi meneruskan putaran dari sistem penggerak menuju bagian poros pengaduk. Komponen ini menggunakan material *stainless steel* dan berjumlah 1 buah.
11. Sambungan Poros Pengaduk merupakan komponen yang menghubungkan bagian poros dengan sistem pengaduk. Komponen ini menggunakan material aluminium dan berjumlah 1 buah. Sambungan ini memungkinkan putaran dari sistem penggerak diteruskan ke *mixer* pengaduk.
12. *Handle Worm Gear* merupakan bagian yang digunakan sebagai pegangan untuk mengoperasikan mekanisme *worm gear*. Komponen ini menggunakan material ASTM A36 dan berjumlah 1 buah. Handle tersebut memungkinkan pekerja melakukan pengaturan pada mekanisme yang terhubung dengan *worm gear*.
13. *Mixer* Pengaduk merupakan komponen yang melakukan proses pengadukan nira di dalam wajan. Komponen ini menggunakan material stainless steel 304 dan silikon serta berjumlah 1 buah. Putaran dari sistem penggerak diteruskan ke *mixer* sehingga proses pengadukan dapat dilakukan secara mekanis.
14. *Bolt* M12 merupakan komponen pengikat yang digunakan untuk menyatukan berbagai bagian konstruksi alat. Komponen ini menggunakan material *steel* dan berjumlah 24 buah. *Bolt* berfungsi menjaga agar komponen yang terpasang pada alat tetap terikat dan tidak mudah berubah posisi.
15. Tutup Corong merupakan bagian penutup pada sistem corong alat. Komponen ini menggunakan material *stainless steel* 304 dan berjumlah 1 buah. Tutup corong digunakan untuk menutup bagian corong sesuai dengan fungsi dan posisi pemasangannya pada alat.
16. Steker/Plug Listrik merupakan komponen yang digunakan untuk menghubungkan sistem kelistrikan alat dengan sumber listrik. Komponen ini menggunakan material plastik dan berjumlah 1 buah.
17. Corong Asap merupakan komponen yang berfungsi mengarahkan asap yang dihasilkan dari proses pembakaran pada bak kayu bakar agar dapat dialirkan keluar dari area alat. Komponen ini menggunakan material besi/*stainless steel* dengan lapisan dalam semen/batu tahan api dan berjumlah 1 buah.
18. *Blower* merupakan komponen yang digunakan untuk membantu menghasilkan dan mengalirkan udara pada sistem pembakaran. Komponen ini menggunakan material

steel/aluminium dan berjumlah 2 buah. Blower membantu mendukung proses pembakaran pada bak kayu bakar agar sistem pemanasan dapat berlangsung.



Gambar 4. 33 Desain Usulan Pawon 2

Detail komponen pada desain usulan pawon 2 gambar 4.33 disajikan sebagai berikut

1. *Frame* merupakan rangka utama alat yang berfungsi sebagai struktur penopang komponen-komponen alat pengaduk. *Frame* menggunakan material besi *hollow* 50 × 50 dengan jumlah 1 set. Komponen ini menjadi dasar tempat pemasangan komponen lain sehingga alat dapat berdiri dan bekerja secara stabil.
2. *Castor Wheel* merupakan roda yang berfungsi untuk memudahkan pemindahan alat dari satu tempat ke tempat lainnya. Komponen ini memiliki ukuran 4 inci dan berjumlah 4 buah. Penggunaan *castor wheel* memungkinkan alat untuk dipindahkan dengan lebih mudah sesuai dengan kebutuhan proses kerja.
3. Wajan merupakan wadah yang digunakan untuk menampung nira selama proses pemasakan dan pengadukan gula jawa. Wajan menggunakan material *stainless steel* 304 dan berjumlah 1 buah. Komponen ini menjadi bagian utama tempat berlangsungnya proses pemasakan dan pengadukan.
4. *Housing bearing* merupakan dudukan tempat bearing dipasang pada sistem poros. Komponen ini menggunakan material *cast iron* dan berjumlah 4 buah. *Housing bearing*

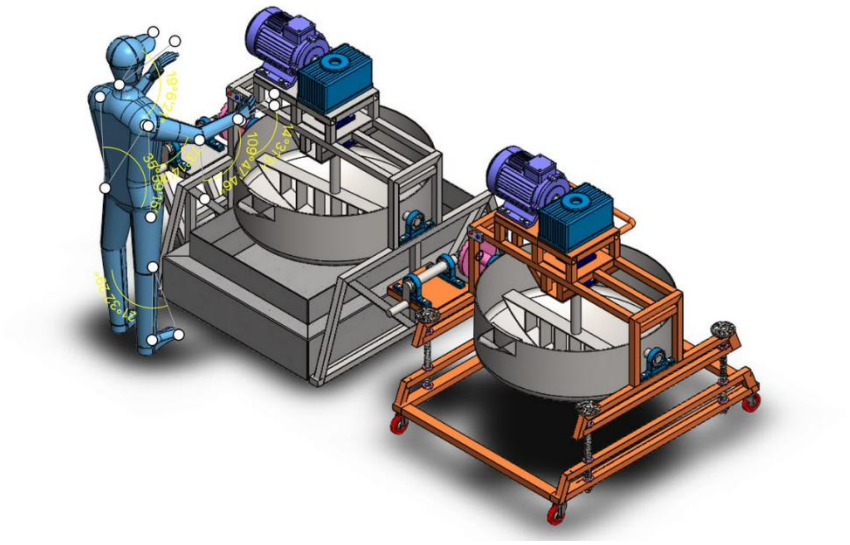
berfungsi mempertahankan posisi *bearing* sehingga sistem poros dapat bekerja dengan stabil.

5. *Bearing* merupakan komponen yang berfungsi menopang poros sekaligus membantu pergerakan putar poros agar dapat berlangsung dengan stabil. *Bearing* menggunakan material *stainless steel* dan berjumlah 4 buah.
6. *Worm gear* merupakan bagian dari mekanisme penggerak dan pengaturan pada alat. Komponen ini menggunakan material ASTM A36 dan berjumlah 4 buah. *Worm gear* bekerja bersama *handle worm gear* dalam mendukung mekanisme pengaturan alat.
7. Panel *ON-OFF* merupakan komponen pengendali yang digunakan untuk menghidupkan dan mematikan sistem penggerak alat. Komponen ini berjumlah 1 buah.
8. Motor listrik merupakan sumber tenaga penggerak pada alat pengaduk. Motor yang digunakan memiliki kapasitas 1/2 HP, menggunakan material *cast iron*, dan berjumlah 1 buah. Motor menghasilkan tenaga putar yang selanjutnya diteruskan ke sistem transmisi.
9. *Gear box* merupakan bagian dari sistem transmisi yang berfungsi meneruskan tenaga putar dari motor menuju sistem pengaduk. Komponen ini menggunakan material *cast iron* dan berjumlah 1 buah.
10. *Connector shaft* merupakan komponen penghubung pada sistem poros yang berfungsi meneruskan putaran dari sistem penggerak menuju poros pengaduk. Komponen ini menggunakan material *stainless steel* dan berjumlah 1 buah.
11. Sambungan poros pengaduk berfungsi menghubungkan bagian poros dengan komponen pengaduk. Komponen ini menggunakan material aluminium dan berjumlah 1 buah sehingga putaran dari sistem penggerak dapat diteruskan menuju *mixer* pengaduk.
12. *Handle worm gear* merupakan pegangan yang digunakan untuk mengoperasikan mekanisme *worm gear*. Komponen ini menggunakan material ASTM A36 dan berjumlah 1 buah. *Handle* digunakan untuk memudahkan pekerja dalam melakukan pengaturan pada mekanisme yang terhubung dengan *worm gear*.
13. *Mixer* pengaduk merupakan komponen yang digunakan untuk melakukan proses pengadukan nira di dalam wajan. Komponen ini menggunakan material *stainless steel* 304 dan berjumlah 1 buah. *Mixer* menerima putaran dari sistem penggerak sehingga proses pengadukan dapat dilakukan secara mekanis.

14. *Bolt* M12 merupakan komponen pengikat yang digunakan untuk menyatukan beberapa bagian konstruksi alat. Komponen ini menggunakan material *steel* dan berjumlah 24 buah. *Bolt* membantu mempertahankan posisi komponen agar tetap terpasang dengan kuat.
15. Tutup corong merupakan bagian yang digunakan untuk menutup bagian corong pada alat. Komponen ini menggunakan material *stainless steel* 304 dan berjumlah 1 buah.
16. *Handle adjuster* merupakan pegangan pada mekanisme pengaturan alat. Komponen ini menggunakan material ASTM A36 dan berjumlah 4 buah. *Handle* digunakan untuk memudahkan pekerja dalam melakukan pengaturan pada bagian yang terhubung dengan mekanisme *adjuster*.
17. *Shaft adjuster* merupakan bagian poros pada mekanisme pengaturan alat. Komponen ini menggunakan material ASTM A36 dan berjumlah 4 buah. Komponen ini bekerja bersama *handle adjuster* dan *nut adjuster* dalam sistem pengaturan alat.
18. *Nut adjuster* merupakan komponen pengikat pada mekanisme *adjuster*. Komponen ini menggunakan material *steel* dan berjumlah 24 buah. Nut berfungsi sebagai bagian pengencang pada sambungan mekanisme *adjuster*.
19. *Handrail* mesin merupakan pegangan yang dipasang pada bagian alat untuk membantu pekerja ketika memindahkan atau mengarahkan alat. Komponen ini menggunakan *pipe cover* silikon dan berjumlah 1 buah. Keberadaan handrail mendukung kemudahan dalam memindahkan alat, terutama karena alat dilengkapi dengan *castor wheel*.
20. *Steker* atau *plug* merupakan komponen yang digunakan untuk menghubungkan sistem kelistrikan alat dengan sumber listrik. Komponen ini menggunakan material plastik dan berjumlah 1 buah.

4.4 Perhitungan REBA pada Desain Usulan

Setelah dilakukan perancangan desain usulan, selanjutnya dilakukan evaluasi postur kerja menggunakan metode *Rapid Entire Body Assessment* (REBA). Perhitungan ini bertujuan untuk mengetahui tingkat risiko postur kerja setelah diterapkannya desain usulan.



Gambar 4. 34 Pengukuran Sudut Desain Usulan

Tabel 4.61 merupakan hasil pengukuran sudut postur berdasarkan aktivitas kerja pada gambar 4.34.

Tabel 4. 61 Sudut Postur Tubuh REBA Desain Usulan

No	Segmen Tubuh	Sudut Yang Terbentuk
1	Leher	19°
2	Punggung	20°
3	Lengan Atas	73°
4	Lengan Bawah	99°
5	Pergelangan Tangan	15°
6	Kaki	21°

Sudut postur tubuh yang terbentuk pada responden 1 menunjukkan leher membentuk sudut 19°, punggung 20°, lengan atas 73°, lengan bawah 99°, pergelangan tangan 15° dan kaki 21°.

a. Postur Tubuh Grup A

1) Leher / Neck

Leher membentuk sudut 19°, maka skornya 1

2) Batang Tubuh / Trunk

Batang tubuh membentuk sudut 20°, maka skornya 2

3) Kaki / Legs

Kedua kaki lurus, maka skornya 1

4) Perhitungan Postur Tubuh Grup A

Hasil perhitungan postur pada tubuh Grup A disajikan pada tabel 4.62.

Tabel 4. 62 Skor Grup A REBA Desain Usulan

Tabel A		Neck											
		1				2				3			
	Legs												
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Trunk Posture Score	1	1	2	3	4	1	2	3	4	3	3	5	6
	2	2	3	4	5	3	4	5	6	4	5	6	7
	3	2	4	5	6	4	5	6	7	5	6	7	8
	4	3	5	6	7	5	6	7	8	6	7	8	9
	5	4	6	7	8	6	7	8	9	7	8	9	9

Berdasarkan tabel 4.61 didapatkan hasil skor tubuh pada grup A yaitu 2

5) Berat Beban

Skor berat beban yaitu 0

6) Total Skor Grup A adalah 2 + 0 = 2

b. Postur Tubuh Grup B

1) Lengan Atas

Lengan atas membentu sudut 73°, maka skornya 3

2) Lengan Bawah

Lenga bawah membentuk sudut 99°, maka skornya 1

3) Pergelangan Tangan

Pergelangan tangan membentuk sudut 15°, maka skornya 1

4) Potur Tubuh B

Hasil perhitungan postur pada tubuh Grup B disajikan pada tabel 4.63.

Tabel 4. 63 Skor Grup B REBA Desain Usulan

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

Berdasarkan tabel 4.62 didapatkan hasil skor tubuh pada grup B yaitu 3

5) Pegangan

Pegangan tangan pas ditangan, maka skornya 0

6) Total Skor Grup B Adalah 3 + 0 = 3

c. Total Skor REBA

1) Skor Tabel C

Penentuan skor pada Tabel C dilakukan dengan mengombinasikan skor A dan skor B yang telah diperoleh sebelumnya. Selanjutnya, skor A dan skor B tersebut dipertemukan pada Tabel C dengan menarik garis sesuai ketentuan, sehingga diperoleh nilai skor Tabel C sebagai berikut.

Tabel 4. 64 Skor Total REBA Desain Usulan

Score A	Tabel C											
	Score B											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	1	1	1	2	3	3	4	5	6	7	7	7
2	1	2	2	3	4	4	5	6	6	7	7	8
3	2	3	3	3	4	5	6	7	7	8	8	8
4	3	4	4	4	5	6	7	8	8	9	9	9
5	4	4	4	5	6	7	8	8	9	9	9	9
6	6	6	6	7	8	8	9	9	10	10	10	10
7	7	7	7	8	9	9	9	10	10	11	11	11
8	8	8	8	9	10	10	10	10	10	11	11	11
9	9	9	9	10	10	10	11	11	11	12	12	12
10	10	10	10	11	11	11	11	12	12	12	12	12
11	11	11	11	11	12	12	12	12	12	12	12	12
12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12

Berdasarkan tabel 4.64 didapatkan hasil skor table C yaitu 2

2) Nilai Aktivitas yaitu 1

3) Total Skor REBA

Skor REBA total diperoleh dari penjumlahan nilai yang dihasilkan pada Tabel C sebesar 2 dengan skor aktivitas sebesar 1, sehingga skor akhir REBA yang didapatkan adalah 3. Dimana menunjukkan tingkat risiko rendah, yang artinya postur kerja memiliki risiko kecil terhadap gangguan muskuloskeletal dan tindakan perbaikan mungkin diperlukan.

BAB V
ANALISIS DAN PEMBAHASAN

5.1 Analisis Hasil Kuisioner *Nordic Body Map* (NBM)

Berdasarkan hasil kuesioner *Nordic Body Map* (NBM) yang diberikan kepada 12 pekerja pada proses pengolahan gula jawa di UMKM Nira Nusantara, diperoleh hasil bahwa terdapat 3 responden yang berada pada tingkat risiko sedang dan 9 responden berada pada tingkat risiko tinggi. Responden dengan tingkat risiko sedang yaitu responden 1 dengan total skor 70, responden 2 dengan skor 67, dan responden 6 dengan skor 63. Sementara itu, responden 3, 4, 5, 7, 8, 9, 10, 11, dan 12 termasuk dalam kategori risiko tinggi dengan skor masing-masing sebesar 73, 74, 75, 73, 80, 79, 82, 73, dan 77. Hasil tersebut menunjukkan bahwa sebagian besar pekerja mengalami keluhan muskuloskeletal pada tingkat risiko tinggi berdasarkan hasil penilaian NBM.

Berdasarkan rekapitulasi skor pada setiap bagian tubuh, keluhan paling tinggi terdapat pada bagian punggung dan pinggang, yang masing-masing memperoleh total skor 47 dari 12 responden. Hal tersebut menunjukkan bahwa punggung dan pinggang merupakan bagian tubuh yang paling banyak mengalami keluhan dibandingkan bagian tubuh lainnya. Berdasarkan hasil observasi pada aktivitas pengadukan, pekerja melakukan pengadukan dalam posisi berdiri dengan tubuh yang cenderung membungkuk atau condong ke depan. Posisi tersebut terlihat pada aktivitas pekerja ketika menjangkau bagian dalam wadah pemasakan menggunakan alat pengaduk. Kondisi ini dapat menyebabkan punggung dan pinggang berada pada posisi yang tidak netral selama aktivitas pengadukan.

Keluhan berikutnya terdapat pada lengan bawah kiri dan lengan bawah kanan, yang masing-masing memperoleh total skor 44. Tingginya skor pada bagian lengan bawah menunjukkan bahwa keluhan pada area tersebut dirasakan oleh sebagian besar pekerja. Berdasarkan kondisi aktivitas pengadukan, kedua tangan digunakan untuk memegang dan mengendalikan alat pengaduk selama proses berlangsung. Penggunaan kedua lengan secara berulang dalam aktivitas pengadukan dapat menyebabkan pekerja mempertahankan kerja otot lengan dalam waktu tertentu sehingga menimbulkan rasa pegal atau nyeri pada bagian lengan bawah.

Pada lengan atas kanan diperoleh total skor 43, sedangkan pada lengan atas kiri diperoleh skor 40. Hasil tersebut menunjukkan bahwa keluhan pada lengan atas juga cukup dominan, terutama pada lengan atas kanan. Perbedaan skor tersebut dapat berkaitan dengan

penggunaan tangan kanan yang lebih dominan dalam mengendalikan gerakan alat pengaduk. Namun, hal tersebut perlu disesuaikan dengan hasil observasi mengenai tangan yang digunakan sebagai tangan utama oleh masing-masing pekerja.

Keluhan pada pergelangan tangan kanan memperoleh total skor 42, sedangkan pergelangan tangan kiri memperoleh skor 41. Selanjutnya, bagian tangan kanan memperoleh skor 41 dan tangan kiri memperoleh skor 40. Tingginya skor pada bagian pergelangan tangan dan tangan menunjukkan bahwa aktivitas pengadukan memberikan beban pada bagian tubuh tersebut. Pekerja perlu menggenggam dan menggerakkan alat pengaduk secara berulang selama proses pengadukan. Kondisi tersebut dapat menyebabkan pekerja mengalami rasa pegal atau nyeri pada tangan dan pergelangan tangan, terutama apabila aktivitas dilakukan dalam durasi yang cukup lama.

Pada bagian leher dan bahu, keluhan juga ditemukan berdasarkan hasil NBM. Bagian leher atas memperoleh total skor 38, sedangkan leher bawah memperoleh skor 31. Sementara itu, bahu kiri memperoleh skor 38 dan bahu kanan memperoleh skor 38. Hasil tersebut menunjukkan bahwa keluhan pada area tubuh bagian atas juga dirasakan oleh pekerja. Berdasarkan kondisi pada saat pengadukan, posisi tubuh yang cenderung condong ke depan menyebabkan pekerja perlu menyesuaikan posisi kepala dan leher untuk melihat proses pengadukan. Selain itu, aktivitas menggunakan alat pengaduk secara berulang juga dapat memberikan beban pada bagian bahu.

Keluhan pada betis kanan dan betis kiri masing-masing memperoleh total skor 38 dan 34. Sementara itu, bagian kaki kiri dan kaki kanan masing-masing memperoleh skor 34. Keluhan pada bagian bawah tubuh tersebut dapat berkaitan dengan aktivitas pengadukan yang dilakukan dalam posisi berdiri selama proses kerja. Posisi berdiri dalam waktu yang cukup lama dapat menyebabkan beban statis pada tungkai dan kaki sehingga pekerja dapat mengalami rasa pegal atau tidak nyaman pada bagian tersebut.

Pada bagian paha, lutut, dan pergelangan kaki, skor keluhan relatif lebih rendah dibandingkan bagian tubuh lainnya. Paha kanan memperoleh skor 23, sedangkan paha kiri memperoleh skor 20. Selanjutnya, lutut kiri memperoleh skor 18 dan lutut kanan memperoleh skor 17. Pergelangan kaki kiri dan kanan masing-masing memperoleh skor 23. Hasil tersebut menunjukkan bahwa keluhan pada bagian tersebut tetap ditemukan, tetapi tidak sebesar keluhan pada punggung, pinggang, dan bagian tubuh atas.

Sementara itu, bagian pantat, bagian bawah pantat, siku kiri, dan siku kanan masing-masing memperoleh total skor 12. Skor tersebut merupakan skor terendah dibandingkan bagian tubuh lainnya. Hal ini menunjukkan bahwa keluhan pada bagian-bagian tersebut relatif rendah dan tidak menjadi bagian tubuh yang dominan mengalami keluhan pada aktivitas pengolahan gula jawa.

Secara keseluruhan, hasil kuesioner NBM menunjukkan bahwa keluhan pekerja paling dominan berada pada bagian punggung, pinggang, lengan bawah, lengan atas, pergelangan tangan, dan tangan. Keluhan tersebut sejalan dengan aktivitas pengadukan yang dilakukan dengan posisi berdiri dan tubuh cenderung membungkuk, serta penggunaan kedua tangan untuk menggenggam dan menggerakkan alat pengaduk secara berulang dengan durasi jam kerja sekitar 7 jam. Hasil NBM menunjukkan bahwa keluhan pada bagian tubuh tertentu tetap cukup tinggi dan sebagian besar pekerja berada pada kategori risiko tinggi. Penelitian terdahulu juga menunjukkan bahwa pekerjaan manual yang dilakukan dengan postur membungkuk dan gerakan repetitif dapat berkaitan dengan munculnya keluhan muskuloskeletal pada pekerja (Zahra & Prastawa, 2023).

5.2 Analisis Postur Kerja Berdasarkan *Rapid Entire Body Assessment* (REBA)

Pada proses pengolahan gula jawa, pekerja masih melakukan aktivitas pengadukan secara manual menggunakan alat yang tersedia di tempat kerja. Dalam melakukan aktivitas tersebut, pekerja harus menyesuaikan posisi tubuh dengan kondisi alat pengaduk dan tempat kerja. Posisi tubuh yang terbentuk selama aktivitas pengadukan kemudian dianalisis menggunakan metode *Rapid Entire Body Assessment* (REBA) untuk mengetahui tingkat risiko postur kerja yang dialami pekerja.

Berdasarkan hasil pengolahan data menggunakan metode *Rapid Entire Body Assessment* (REBA) terhadap 12 responden, diperoleh hasil skor akhir REBA yang menunjukkan adanya tingkat risiko sedang dan tinggi. Responden 1 memperoleh skor 7, responden 2 memperoleh skor 5, responden 3 memperoleh skor 8, responden 4 memperoleh skor 8, responden 5 memperoleh skor 8, responden 6 berada pada tingkat risiko sedang, responden 7 memperoleh skor 8, responden 8 memperoleh skor 8, responden 9 memperoleh skor 9, responden 10 memperoleh skor 10, responden 11 memperoleh skor 8, dan responden 12 memperoleh skor 9.

Hasil penilaian menunjukkan bahwa responden 1, responden 2, dan responden 6 berada pada tingkat risiko sedang. Pada tingkat risiko ini, postur kerja masih memiliki risiko terhadap

tubuh pekerja sehingga diperlukan tindakan perbaikan. Sementara itu, responden 3, responden 4, responden 5, responden 7, responden 8, responden 9, responden 10, responden 11, dan responden 12 berada pada tingkat risiko tinggi. Hasil tersebut menunjukkan bahwa sebagian besar pekerja melakukan aktivitas pengadukan dengan postur kerja yang memiliki risiko tinggi dan perlu dilakukan perbaikan.

Skor REBA tertinggi diperoleh responden 10 dengan nilai 10. Selanjutnya, responden 9 dan responden 12 memperoleh skor 9. Responden 3, responden 4, responden 5, responden 7, responden 8, dan responden 11 memperoleh skor 8. Tingginya skor pada sebagian besar responden menunjukkan bahwa masalah postur kerja tidak hanya terjadi pada satu pekerja, tetapi ditemukan pada aktivitas pengadukan yang dilakukan oleh sebagian besar pekerja. Hal ini menunjukkan bahwa aktivitas pengadukan secara manual masih memiliki permasalahan dari sisi postur kerja.

Permasalahan tersebut dapat berkaitan dengan cara kerja dan kondisi alat pengaduk yang digunakan. Pekerja harus menggunakan alat pengaduk secara langsung dan menyesuaikan posisi tubuh dengan alat tersebut selama proses berlangsung. Kondisi alat yang belum disesuaikan dengan ukuran tubuh pekerja dapat membuat pekerja harus menyesuaikan posisi tubuh agar dapat melakukan pengadukan. Akibatnya, pekerja dapat melakukan aktivitas dengan posisi tubuh yang kurang baik selama proses pengadukan.

Aktivitas pengadukan secara manual juga membutuhkan penggunaan beberapa bagian tubuh, seperti leher, bahu, punggung, lengan, dan pergelangan tangan. Bagian tubuh tersebut digunakan untuk mempertahankan posisi dan menggerakkan alat pengaduk selama proses berlangsung. Selain itu, aktivitas pengadukan dilakukan secara berulang sehingga pekerja perlu mempertahankan posisi tubuh dan melakukan gerakan pengadukan dalam waktu tertentu. Kondisi tersebut dapat meningkatkan risiko postur kerja apabila posisi tubuh yang dilakukan tidak sesuai.

Hasil penelitian lain menunjukkan bahwa metode *Rapid Entire Body Assessment* (REBA) dapat digunakan untuk mengevaluasi pekerjaan pada industri pengolahan makanan yang masih dilakukan secara manual. Penelitian (Ayusti et al., 2025)pada rumah produksi dodol menggunakan metode REBA untuk mengevaluasi postur kerja pada proses pengadukan dan pengemasan dodol. Hal tersebut memiliki karakteristik yang serupa dengan aktivitas pengadukan gula jawa pada penelitian ini, yaitu pekerja melakukan aktivitas secara manual

dengan melibatkan beberapa bagian tubuh dalam mempertahankan posisi dan menggerakkan alat kerja.

Berdasarkan hasil penilaian REBA, dapat diketahui bahwa aktivitas pengadukan gula jawa masih memiliki risiko postur kerja yang perlu diperbaiki. Sebagian besar responden berada pada tingkat risiko tinggi, sehingga diperlukan perbaikan pada kondisi alat pengaduk. Perbaikan tersebut diharapkan dapat membantu pekerja melakukan aktivitas pengadukan dengan posisi tubuh yang lebih sesuai dan mengurangi risiko postur kerja selama proses pengolahan gula jawa.

5.3 Analisis DFMEA

Berdasarkan hasil pengolahan *Design Failure Mode and Effects Analysis* (DFMEA) pada kondisi awal proses produksi gula jawa di UMKM Nira Nusantara, terdapat empat potensi kegagalan yang teridentifikasi, yaitu pada pawon, wajan, proses pengadukan secara manual, dan pemindahan gula. Penilaian dilakukan berdasarkan nilai *Severity* (S), *Occurrence* (O), dan *Detection* (D) untuk memperoleh nilai *Risk Priority Number* (RPN).

Berdasarkan hasil penilaian, proses pengadukan gula secara manual dan kondisi pawon memiliki nilai RPN tertinggi, yaitu 96. Pada pawon, posisi yang terlalu rendah menyebabkan pekerja harus membungkuk selama melakukan pengadukan. Kondisi tersebut memiliki nilai S = 5, O = 8, dan D = 2**,** sehingga diperoleh RPN sebesar 96**.** Sementara itu, pengadukan yang masih dilakukan secara manual memiliki S = 6, O = 8, dan D = 2**,** sehingga menghasilkan RPN sebesar **96**. Nilai tersebut menunjukkan bahwa kedua kondisi tersebut menjadi prioritas utama untuk dilakukan perbaikan**.**

Potensi kegagalan berikutnya terdapat pada pemindahan gula secara manual dengan nilai RPN sebesar 72, yang diperoleh dari S = 6, O = 6, dan D = 2. Kondisi ini dapat meningkatkan beban fisik pekerja karena proses pemindahan masih mengandalkan tenaga manusia. Selanjutnya, bagian wajan yang sulit dijangkau dari posisi berdiri memiliki nilai RPN sebesar 70, dengan S = 5, O = 7, dan D = 2**.** Kondisi tersebut menyebabkan pekerja perlu menjangkau dan mencondongkan tubuh saat melakukan pengadukan sehingga dapat meningkatkan beban pada bahu, lengan, dan punggung.

Dengan demikian, berdasarkan nilai RPN, prioritas perbaikan kondisi awal adalah pawon dan sistem pengadukan manual**,** yang masing-masing memiliki RPN sebesar 96**,** kemudian pemindahan gula dengan RPN 72**,** dan kondisi jangkauan wajan dengan RPN 70**.** Hasil DFMEA ini selanjutnya dapat digunakan sebagai dasar dalam menentukan aspek yang

perlu diperhatikan pada perancangan alat pengaduk usulan, khususnya pada aspek ketinggian kerja, sistem pengadukan, serta kemudahan pemindahan. Pendekatan DFMEA memang ditujukan untuk mengidentifikasi potensi kegagalan pada tahap desain dan membantu menentukan bagian desain yang perlu diperbaiki atau dirancang ulang.

5.4 Analisis Antropometri

5.4.1 Analisis Uji Kecukupan Data

Uji kecukupan data dilakukan untuk mengetahui apakah jumlah data antropometri yang diperoleh dari 12 responden telah memenuhi jumlah data yang diperlukan untuk digunakan dalam penelitian. Dalam penelitian ini, uji kecukupan dilakukan terhadap tiga dimensi antropometri, yaitu Tinggi Siku Berdiri (TSB), Lebar Bahu (LB), dan Diameter Genggaman Tangan (DGT). Tingkat keyakinan yang digunakan adalah 95% dengan nilai k = 2, sedangkan tingkat ketelitian yang digunakan sebesar 5% atau S = 0,05. Kriteria pengambilan keputusan adalah apabila $N \geq N'$, maka jumlah data yang tersedia dinyatakan cukup, sedangkan apabila $N < N'$, maka jumlah data dinyatakan tidak cukup.

Berdasarkan hasil perhitungan, dimensi Tinggi Siku Berdiri (TSB) menghasilkan nilai kebutuhan data sebesar N' = 2,8329, sedangkan jumlah data aktual yang tersedia adalah N = 12. Karena jumlah data aktual lebih besar daripada jumlah data yang dibutuhkan atau $12 \geq 2{,}8329$, maka data TSB dinyatakan mencukupi. Artinya, jumlah data TSB dari 12 responden telah memenuhi jumlah minimum data yang diperlukan berdasarkan tingkat keyakinan dan tingkat ketelitian yang digunakan.

Pada dimensi Lebar Bahu (LB) diperoleh nilai kebutuhan data sebesar N' = 3,9454. Dengan jumlah data aktual sebanyak 12, diperoleh kondisi $12 \geq 3{,}9454$. Berdasarkan kriteria uji kecukupan, kondisi tersebut menunjukkan bahwa data LB dinyatakan mencukupi. Dengan demikian, jumlah data yang diperoleh dari 12 responden telah memenuhi jumlah data yang dibutuhkan untuk dimensi Lebar Bahu.

Sementara itu, pada dimensi Diameter Genggaman Tangan (DGT) diperoleh nilai kebutuhan data sebesar N' = 8,6272. Nilai tersebut masih lebih kecil dibandingkan jumlah data aktual yang tersedia, yaitu 12 data, sehingga diperoleh kondisi $12 \geq 8{,}6272$. Berdasarkan kriteria uji kecukupan, data DGT dinyatakan mencukupi. Artinya, meskipun nilai kebutuhan data DGT lebih besar dibandingkan TSB dan LB, jumlah 12 responden yang digunakan masih memenuhi jumlah data minimum yang diperlukan.

Berdasarkan hasil uji kecukupan secara keseluruhan, ketiga dimensi antropometri, yaitu TSB, LB, dan DGT, dinyatakan cukup. Dengan demikian, jumlah 12 responden yang digunakan dalam pengukuran telah memenuhi kebutuhan data untuk ketiga dimensi antropometri yang digunakan dalam penelitian. Hasil tersebut menunjukkan bahwa data antropometri yang diperoleh telah memenuhi persyaratan kecukupan sehingga dapat dilanjutkan ke tahap perhitungan persentil sebagai dasar penentuan ukuran rancangan alat pengaduk. Pendekatan serupa digunakan dalam penelitian yang dilakukan oleh (Wayan et al., 2022)perancangan fasilitas kerja berbasis antropometri, yaitu data yang telah memenuhi uji kecukupan selanjutnya digunakan dalam penentuan ukuran rancangan berdasarkan persentil.

5.4.2 Analisis Uji Keseragaman Data

Uji keseragaman data dilakukan untuk mengetahui apakah data antropometri yang diperoleh dari 12 responden berada dalam kondisi yang seragam. Pengujian dilakukan pada tiga dimensi antropometri, yaitu Tinggi Siku Berdiri (TSB), Lebar Bahu (LB), dan Diameter Genggaman Tangan (DGT). Data dinyatakan seragam apabila seluruh titik pengamatan berada di antara Batas Kontrol Atas (BKA) dan Batas Kontrol Bawah (BKB).

Pada dimensi Tinggi Siku Berdiri (TSB), diperoleh nilai simpangan baku sebesar 4,1096. Berdasarkan hasil perhitungan, diperoleh Batas Kontrol Atas (BKA) sebesar 105,8858 dan Batas Kontrol Bawah (BKB) sebesar 89,4474. Berdasarkan grafik hasil pengujian, seluruh titik data berada di dalam batas kontrol. Oleh karena itu, data TSB dinyatakan seragam.

Pada dimensi Lebar Bahu (LB), diperoleh nilai simpangan baku sebesar 1,8911. Hasil perhitungan menghasilkan Batas Kontrol Atas (BKA) sebesar 41,8656 dan Batas Kontrol Bawah (BKB) sebesar 34,3010. Berdasarkan grafik, seluruh titik data berada di dalam batas kontrol. Dengan demikian, data LB dinyatakan seragam.

Selanjutnya, pada dimensi Diameter Genggaman Tangan (DGT), diperoleh nilai simpangan baku sebesar 0,3139. Batas Kontrol Atas (BKA) yang diperoleh sebesar 4,9028 dan Batas Kontrol Bawah (BKB) sebesar 3,6471. Berdasarkan grafik hasil pengujian, seluruh titik data berada di dalam batas kontrol tersebut. Oleh karena itu, data DGT dinyatakan seragam.

Berdasarkan hasil uji keseragaman, ketiga dimensi antropometri, yaitu TSB, LB, dan DGT, dinyatakan seragam karena seluruh titik data berada di antara BKA dan BKB. Dengan demikian, tidak terdapat data yang berada di luar batas kontrol pada ketiga dimensi antropometri yang digunakan dalam penelitian. Hasil tersebut sejalan dengan penelitian terdahulu yang menyatakan bahwa data antropometri yang seluruh pengukurannya berada di

antara BKA dan BKB dapat dinyatakan seragam dan selanjutnya digunakan dalam tahap pengolahan data antropometri (Kartika & Mukhtar, 2023).

5.4.3 Analisis Uji Normalitas

Uji normalitas dilakukan untuk mengetahui apakah data antropometri yang diperoleh dari 12 responden memiliki pola distribusi normal. Pengujian normalitas dilakukan pada tiga dimensi antropometri, yaitu TSB, LB, dan DGT, dengan menggunakan metode *Shapiro-Wilk*. Metode *Shapiro-Wilk* dipilih karena jumlah data yang digunakan dalam penelitian ini relatif kecil, yaitu 12 responden. Shapiro-Wilk direkomendasikan untuk pengujian normalitas pada ukuran sampel kurang dari 50 karena memiliki kemampuan yang baik dalam mendeteksi penyimpangan dari distribusi normal (Mishra et al., 2019). Dasar pengambilan keputusan dalam pengujian ini adalah nilai signifikansi sebesar 0,05. Apabila nilai signifikansi lebih besar dari 0,05, maka data dinyatakan berdistribusi normal. Sebaliknya, apabila nilai signifikansi kurang dari 0,05, maka data dinyatakan tidak berdistribusi normal.

Berdasarkan hasil pengujian, dimensi Tinggi Siku Berdiri (TSB) memperoleh nilai signifikansi sebesar 0,120. Nilai tersebut lebih besar dari 0,05 sehingga data TSB dinyatakan berdistribusi normal. Hal ini menunjukkan bahwa penyebaran data TSB dari 12 responden tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan terhadap distribusi normal.

Pada dimensi Lebar Bahu (LB) diperoleh nilai signifikansi sebesar 0,077. Karena nilai tersebut lebih besar dari 0,05, maka data LB dinyatakan berdistribusi normal. Dengan demikian, data TSB dan LB memiliki pola distribusi yang memenuhi kriteria normalitas berdasarkan hasil uji Shapiro-Wilk.

Sementara itu, dimensi Diameter Genggaman Tangan (DGT) memperoleh nilai signifikansi sebesar 0,006. Nilai tersebut lebih kecil dari 0,05 sehingga data DGT dinyatakan tidak berdistribusi normal. Hasil tersebut menunjukkan bahwa penyebaran data DGT dari 12 responden tidak mengikuti distribusi normal berdasarkan hasil pengujian Shapiro-Wilk.

Berdasarkan hasil uji normalitas secara keseluruhan, dimensi TSB dan LB dinyatakan berdistribusi normal, sedangkan dimensi DGT dinyatakan tidak berdistribusi normal. Meskipun demikian, data DGT tetap digunakan dalam penelitian karena ketidaknormalan distribusi tidak secara langsung menunjukkan bahwa data antropometri harus dikeluarkan dari proses perancangan. Hal tersebut sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleg Wiggermann et al. (2019) menemukan bahwa sebagian besar dimensi antropometri pada kelompok yang diteliti

tidak berdistribusi normal berdasarkan uji Shapiro-Wilk, tetapi data tersebut tetap digunakan untuk memperoleh dan menyajikan nilai persentil antropometri.

5.4.4 Analisis Perhitungan Persentil

Perhitungan persentil dilakukan untuk menentukan ukuran antropometri yang sesuai dengan kebutuhan perancangan alat pengaduk berdasarkan karakteristik ukuran tubuh pekerja. Persentil yang digunakan dalam penelitian ini meliputi P5, P50, dan P95 pada setiap dimensi antropometri. Hasil perhitungan persentil pada dimensi Tinggi Siku Berdiri (TSB) diperoleh nilai P5 sebesar 90,6058 cm, P50 sebesar 97,6667 cm, dan P95 sebesar 104,7276 cm. Pada dimensi Lebar Bahu (LB), diperoleh nilai P5 sebesar 34,8341 cm, P50 sebesar 38,0833 cm, dan P95 sebesar 41,3326 cm. Sementara itu, pada dimensi Diameter Genggaman Tangan (DGT), diperoleh nilai P5 sebesar 3,7142 cm, P50 sebesar 4,2833 cm, dan P95 sebesar 4,8525 cm.

Berdasarkan hasil perhitungan tersebut, selanjutnya dilakukan pemilihan persentil berdasarkan fungsi dan kebutuhan masing-masing dimensi pada rancangan alat pengaduk. Dimensi Tinggi Siku Berdiri (TSB) menggunakan persentil P5 dengan nilai 90,6058 cm yang digunakan sebagai dasar untuk menentukan tinggi alat pengaduk. Dimensi Lebar Bahu (LB) menggunakan persentil P95 dengan nilai 41,3326 cm yang digunakan untuk menentukan lebar pegangan yang digunakan dalam mendorong alat. Sementara itu, Diameter Genggaman Tangan (DGT) menggunakan persentil P5 dengan nilai 3,7142 cm yang digunakan sebagai dasar untuk menentukan diameter pegangan alat pengaduk. Pemilihan persentil tersebut disesuaikan dengan fungsi masing-masing dimensi pada rancangan agar ukuran alat sesuai dengan karakteristik ukuran tubuh pekerja.

5.4.5 Analisis Desain Alat Kerja Awalan

Berdasarkan hasil observasi pada UMKM Nira Nusantara, proses pengolahan gula jawa masih menggunakan peralatan yang sederhana. Proses pemasakan nira dilakukan menggunakan wajan yang ditempatkan di atas tungku dengan bahan bakar kayu. Wajan digunakan sebagai tempat pemasakan nira hingga mencapai kondisi yang sesuai untuk proses selanjutnya.

Pada proses pemasakan, pekerja melakukan pengadukan nira secara manual menggunakan alat pengaduk berbahan kayu. Pengadukan dilakukan secara terus-menerus selama proses pemasakan untuk menjaga kondisi nira selama proses pengolahan. Aktivitas tersebut dilakukan dengan posisi pekerja berdiri di depan tungku dan menggunakan kedua tangan untuk menggerakkan alat pengaduk.

Berdasarkan hasil pengamatan, posisi wajan pada alat kerja awalan berada pada ketinggian yang tetap sehingga tidak dapat disesuaikan dengan kondisi fisik pekerja. Ketika melakukan pengadukan, pekerja terlihat berada pada posisi tubuh yang cenderung membungkuk karena harus menjangkau bagian dalam wajan. Posisi tersebut dipertahankan dan dilakukan secara berulang selama proses pengadukan. Kondisi serupa ditemukan pada penelitian pekerja pembuat dodol tradisional, yang menunjukkan bahwa aktivitas pengadukan dilakukan dalam posisi berdiri dalam waktu yang lama dan alat pengaduk yang tidak sesuai dengan antropometri pekerja menyebabkan pekerja bekerja dalam posisi membungkuk (Hidayatullah et al., 2023).

Selain itu, alat pengaduk yang digunakan masih berupa alat sederhana yang dioperasikan menggunakan tenaga pekerja. Pekerja harus melakukan gerakan pengadukan secara berulang dalam waktu yang cukup lama. Kondisi tersebut menyebabkan penggunaan tenaga fisik yang cukup besar pada bagian tubuh, terutama pada bahu, lengan, punggung, dan pinggang**.** Kondisi tersebut menunjukkan bahwa alat kerja yang digunakan pada proses pengolahan gula jawa masih memiliki keterbatasan dalam menyesuaikan kebutuhan pekerja dan mendukung aktivitas kerja secara ergonomis.

5.5 Analisis Desain Usulan

Berdasarkan hasil identifikasi kondisi awal pada proses pengadukan gula jawa di UMKM Nira Nusantara, diketahui bahwa aktivitas pengadukan masih dilakukan secara manual dengan menggunakan alat pengaduk kayu. Pekerja melakukan pengadukan secara berulang selama proses pemasakan dengan posisi berdiri dan cenderung membungkuk. Kondisi tersebut menyebabkan pekerja menerima beban fisik secara terus-menerus dan berdasarkan hasil penilaian sebelumnya menunjukkan adanya risiko pada postur kerja. Selain itu, alat yang digunakan pada kondisi awal belum memiliki sistem penggerak mekanis dan belum dilengkapi fasilitas pengaturan yang dapat disesuaikan dengan kebutuhan pekerja.

Berdasarkan permasalahan tersebut, diperlukan perbaikan pada alat pengaduk yang tidak hanya mengurangi kebutuhan tenaga fisik pekerja, tetapi juga mempertimbangkan kesesuaian alat dengan karakteristik pengguna. Perancangan dilakukan dengan mempertimbangkan hasil analisis postur kerja menggunakan metode REBA, identifikasi potensi kegagalan menggunakan DFMEA, dan hasil pengolahan data antropometri pekerja.

Perubahan utama pada desain usulan terdapat pada sistem pengadukan. Pada kondisi awal, pekerja harus memberikan gaya secara langsung untuk menggerakkan alat pengaduk

selama proses pemasakan. Pada desain usulan, proses tersebut digantikan dengan sistem penggerak menggunakan motor listrik dan *gear box*. Motor listrik berfungsi menghasilkan tenaga putar yang kemudian diteruskan melalui gear box menuju sistem poros dan selanjutnya menggerakkan *mixer* pengaduk. Dengan sistem tersebut, pekerja tidak perlu lagi melakukan gerakan pengadukan secara manual dan berulang selama proses pemasakan.

Sistem pengadukan pada desain usulan terdiri dari motor listrik, *gear box, connector shaft*, sambungan poros pengaduk, *bearing, housing bearing, worm gear*, dan *mixer* pengaduk**.** Motor listrik menjadi sumber tenaga, sedangkan *gear box* berfungsi meneruskan tenaga putar menuju sistem poros. Putaran tersebut kemudian diteruskan melalui *connector shaft* dan sambungan poros hingga mencapai *mixer* pengaduk yang berada di dalam wajan. *Bearing* dan *housing bearing* digunakan untuk menopang sistem poros sehingga pergerakannya dapat berlangsung secara stabil.

Selain perubahan pada sistem pengadukan, desain usulan juga dilengkapi dengan mekanisme pengaturan. Mekanisme tersebut terdiri dari *handle adjuster, shaft adjuster,* dan *nut adjuster*. Penambahan mekanisme pengaturan bertujuan memberikan kemudahan dalam menyesuaikan posisi bagian alat sesuai dengan kebutuhan pengguna. Hal ini berkaitan dengan hasil pengukuran antropometri yang digunakan sebagai dasar dalam menentukan dimensi rancangan, sehingga alat yang dihasilkan tidak hanya berfungsi secara mekanis tetapi juga mempertimbangkan kesesuaian dengan karakteristik fisik pekerja.

Pada desain usulan pawon 2, ditambahkan *castor wheel* berukuran 4 inci dan *handrail* mesin. *Castor wheel* digunakan untuk mempermudah pemindahan alat, sedangkan *handrail* berfungsi sebagai pegangan ketika alat didorong atau diarahkan. Penambahan kedua komponen tersebut membuat alat lebih mudah dipindahkan tanpa pekerja harus mengangkat atau memberikan gaya secara langsung pada bagian rangka alat.

Sementara itu, pada pawon 1 terdapat *blower* dan corong asap sebagai bagian dari sistem pembakaran. *Blower* digunakan untuk membantu mengalirkan udara pada proses pembakaran, sedangkan corong asap digunakan untuk mengarahkan asap yang dihasilkan selama proses pembakaran. Komponen tersebut tetap dipertahankan sebagai bagian dari sistem pendukung proses pemasakan pada pawon.

Pengoperasian alat dilakukan melalui panel *ON-OFF*. Ketika panel diaktifkan, motor listrik mulai menghasilkan putaran yang diteruskan melalui *gear box* dan sistem poros menuju *mixer* pengaduk. *Mixer* kemudian melakukan pengadukan nira selama proses pemasakan.

Setelah proses pengadukan selesai, motor dapat dihentikan melalui panel *ON-OFF*. Sistem tersebut membuat aktivitas pengadukan tidak lagi sepenuhnya bergantung pada tenaga fisik pekerja seperti pada kondisi awal.

5.6 Analisis Perhitungan REBA pada Desain Usulan

Setelah dilakukan perancangan desain usulan alat pengaduk gula jawa, selanjutnya dilakukan penilaian postur kerja menggunakan metode *Rapid Entire Body Assessment* (REBA). Penilaian ini dilakukan untuk mengetahui tingkat risiko postur kerja setelah pekerja menggunakan alat pengaduk dengan desain usulan. Penilaian dilakukan berdasarkan sudut tubuh pekerja saat melakukan aktivitas pengadukan.

Pada Grup A yang terdiri dari leher, punggung, dan kaki, leher dengan sudut 19° mendapatkan skor 1, punggung dengan sudut 20° mendapatkan skor 2, dan kaki mendapatkan skor 1 karena kedua kaki berada dalam posisi lurus. Dari hasil tersebut diperoleh skor Grup A sebesar 2. Setelah ditambahkan dengan skor berat beban sebesar 0, maka total skor Grup A adalah 2.

Pada Grup B, lengan atas dengan sudut 73° mendapatkan skor 3, lengan bawah dengan sudut 99° mendapatkan skor 1, dan pergelangan tangan dengan sudut 15° mendapatkan skor 1. Berdasarkan hasil tersebut, diperoleh skor Grup B sebesar 3. Kondisi pegangan tangan juga dinilai pas dengan tangan sehingga mendapatkan skor 0. Dengan demikian, total skor Grup B adalah 3.

Selanjutnya, skor Grup A dan Grup B dimasukkan ke dalam Tabel C. Dari hasil perhitungan diperoleh skor Tabel C sebesar 2. Nilai aktivitas yang digunakan adalah 1. Oleh karena itu, skor akhir REBA diperoleh dari 2 + 1 = 3.

Berdasarkan hasil tersebut, desain usulan alat pengaduk memperoleh skor akhir REBA sebesar 3 yang termasuk dalam tingkat risiko rendah. Artinya, postur kerja pada desain usulan memiliki risiko yang rendah dan tindakan perbaikan mungkin diperlukan. Hasil ini menunjukkan bahwa penggunaan desain usulan dapat membantu memperbaiki postur kerja pekerja pada saat melakukan aktivitas pengadukan gula jawa.

Jika dibandingkan dengan kondisi awal, skor REBA sebelumnya berada pada rentang 7–10, sedangkan pada desain usulan diperoleh skor 3. Hal ini menunjukkan bahwa setelah dilakukan perancangan ulang alat pengaduk, terdapat penurunan tingkat risiko postur kerja. Hasil tersebut sejalan dengan penelitian Anam & Satoto, (2025) mengenai perancangan mesin *mixer* adonan pada UMKM, yang menunjukkan penurunan skor REBA dari 8 menjadi 3 setelah

menggunakan mesin hasil rancangan. Penurunan tersebut menunjukkan bahwa perancangan alat kerja dengan mempertimbangkan aspek ergonomi dapat membantu mengurangi risiko postur kerja pekerja

5.7 Rekomendasi Implementasi Kondisi Usulan

Rekomendasi implementasi kondisi usulan disusun berdasarkan *Hierarchy of Control* sebagai upaya pengendalian risiko yang telah diidentifikasi pada proses pengolahan gula jawa. Pengendalian dilakukan dengan mempertimbangkan tingkat efektivitas masing-masing tindakan pengendalian, mulai dari penggunaan alat pelindung diri, pengendalian administratif, hingga pengendalian secara *engineering* melalui penerapan desain alat pengaduk usulan.

1. Alat Pelindung Diri (APD)

   Pada tingkat pengendalian alat pelindung diri, pekerja direkomendasikan menggunakan APD yang sesuai dengan kondisi dan potensi bahaya pada proses pengolahan gula jawa. Penggunaan APD bertujuan untuk memberikan perlindungan tambahan kepada pekerja terhadap risiko yang masih terdapat selama proses kerja (Sudiarno & Maharani, 2024). APD yang digunakan dapat disesuaikan dengan kondisi pekerjaan, seperti sarung tangan kerja dan alas kaki yang sesuai untuk mendukung keselamatan pekerja selama melakukan proses pengolahan gula jawa.

2. Pengendalian Administratif

   Pengendalian administratif dilakukan melalui pengaturan sistem dan prosedur kerja untuk mengurangi paparan pekerja terhadap risiko selama proses pengolahan gula jawa. Bentuk pengendalian dapat berupa penyusunan *Standard Operating Procedure* (SOP) penggunaan alat pengaduk, pemberian instruksi mengenai posisi dan cara penggunaan alat yang benar, serta pengarahan kepada pekerja mengenai penerapan postur kerja yang ergonomis. Selain itu, pengaturan waktu kerja dan waktu istirahat dapat diterapkan untuk mengurangi beban kerja fisik yang diterima pekerja selama proses pengadukan.

3. *Engineering Control*

   Engineering control merupakan bentuk pengendalian yang menjadi bagian utama dari penelitian ini karena dilakukan melalui perancangan ulang alat pengaduk gula jawa. Desain usulan dikembangkan dengan mempertimbangkan hasil identifikasi keluhan muskuloskeletal menggunakan NBM, penilaian risiko postur kerja menggunakan REBA, analisis risiko kegagalan desain menggunakan DFMEA, serta data antropometri pekerja.

Penerapan desain usulan diharapkan dapat memperbaiki kondisi kerja pekerja dengan menyesuaikan dimensi alat terhadap karakteristik antropometri pengguna. Penggunaan dimensi TSB, LB, dan DGT yang telah ditentukan berdasarkan persentil digunakan sebagai dasar dalam menentukan ukuran bagian-bagian alat. Dengan adanya perubahan desain tersebut, pekerja diharapkan dapat melakukan proses pengadukan dengan posisi kerja yang lebih sesuai sehingga dapat mengurangi keluhan muskuloskeletal dan risiko postur kerja.

BAB VI
PENUTUP

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian perancangan ulang alat pengaduk pada proses pengolahan gula jawa di UMKM Nira Nusantara, diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan hasil identifikasi keluhan muskuloskeletal menggunakan kuesioner *Nordic Body Map* (NBM), diketahui bahwa pekerja mengalami keluhan pada beberapa bagian tubuh selama melakukan aktivitas pengadukan gula jawa. Hasil tersebut menunjukkan bahwa aktivitas pengadukan yang dilakukan secara manual masih menimbulkan keluhan pada tubuh pekerja sehingga diperlukan perbaikan pada alat dan kondisi kerja.
2. Berdasarkan hasil analisis postur kerja menggunakan metode *Rapid Entire Body Assessment* (REBA), diperoleh skor REBA pada 12 responden dengan rentang nilai 5 sampai 10. Responden 1 dengan skor 7 dan responden 2 dengan skor 5 termasuk dalam kategori risiko sedang, sedangkan 10 responden lainnya termasuk dalam kategori risiko tinggi. Hasil tersebut menunjukkan bahwa aktivitas pengadukan gula jawa memiliki risiko postur kerja yang perlu dilakukan perbaikan.
3. Berdasarkan hasil analisis *Design Failure Mode and Effects Analysis* (DFMEA), terdapat empat komponen yang memiliki potensi kegagalan pada kondisi awal, yaitu pawon atau tungku, wajan, sistem pengadukan, dan sarana pemindahan nira ke wajan. Hasil analisis tersebut digunakan untuk menentukan prioritas perbaikan pada desain alat pengaduk gula jawa berdasarkan risiko kegagalan yang ditemukan pada masing-masing komponen.
4. Berdasarkan hasil analisis NBM, REBA, DFMEA, dan data antropometri, diperoleh desain usulan alat pengaduk gula jawa yang disesuaikan dengan kondisi pekerja dan permasalahan pada kondisi awal. Perancangan menggunakan dimensi TSB dengan P5 sebesar 90,6058 cm, LB dengan P95 sebesar 41,3326 cm, dan DGT dengan P95 sebesar 4,8525 cm sebagai dasar penentuan ukuran bagian alat. Desain usulan tersebut diarahkan untuk memperbaiki kondisi alat dan mengurangi risiko postur kerja pada aktivitas pengadukan.

6.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, saran yang dapat diberikan adalah sebagai berikut:

1. Desain usulan alat pengaduk gula jawa sebaiknya dapat direalisasikan dan diuji secara langsung untuk mengetahui kesesuaian ukuran, kenyamanan penggunaan, serta kemudahan pengoperasian oleh pekerja.
2. Penelitian selanjutnya dapat melakukan pengujian langsung terhadap desain usulan dengan membandingkan skor REBA sebelum dan sesudah penggunaan alat untuk mengetahui seberapa besar penurunan risiko postur kerja yang dihasilkan.
3. Penelitian selanjutnya juga dapat mengembangkan desain dengan mempertimbangkan aspek lain, seperti kapasitas produksi, waktu pengadukan, biaya pembuatan, kekuatan material, dan kemudahan perawatan alat.

DAFTAR PUSTAKA

Ablao, S., Esteban, C., Garma, J. M., Jocson, N., Gumasing, M. J., Saflor, C., Tangsoc, J., & Bernardo, E. (2026). Evaluating Ergonomic Considerations in Redesigning Sustainable Menstrual Product †. *Engineering Proceedings*, *128*(1). https://doi.org/10.3390/engproc2026128050

M. H. Ali, M. Hasan, A. Ahad, et al. " *Functional Sewing Workstation Design by Analyzing Male Bangladeshi Anthropometric Measurement in the Ready-Made Garment Industry*." *Public Health Challenges* 5, no. 2 (2026): e70252. https://doi.org/10.1002/puh2.70252

Anam, M. K., & Satoto, H. F. (2025). Perancangan dan Pembuatan Mesin Mixer Adonan Guna Meminimalisir Tingkat Kelelahan Pekerja dengan Pendekatan REBA (Rapid Entire Body Asessment). *JURNAL SURYA TEKNIKA*, *12*(1), 258–270. https://doi.org/10.37859/jst.v12i1.9376

Ashkezari, A. B., Zokaee, M., Aghsami, A., & Jolai, F. (2024). Fault Tree Analysis Integrated with DFMEA Approach and Combined AHP-TOPSIS Technique to Improve Product Configuration Considering Reliability and Total Cost, A Real-Life Case Study. *Advances in Industrial Engineering*, *58*(1), 37–61. 10.22059/aie.2024.349699.1850

Ayubi Aziz. (2026, February 5). *Industri Pengolahan Mendominasi Kinerja Ekonomi Nasional*. Kementrian Perindustrian Republik Indonesia. https://sippa.kemenperin.go.id/news/post/2026/02/20/37/industri-pengolahan-mendominasi-kinerja-ekonomi-nasional

Ayusti, M., Feriaty, S. R., & Halim, H. A. (2025). Analisis Potensi Risiko Postur Kerja Menggunakan Metode REBA di Rumah Produksi Dodol. *RIGGS: Journal of Artificial Intelligence and Digital Business*, *4*(2), 6063–6075. https://doi.org/10.31004/riggs.v4i2.1523

Baharuddin, A. V., Samad, A., & Ariadi, A. (2022). Rancangan Alat Bantu Ergonomis Menggunakan Antropometri untuk Pekerja Pengolahan Kedelai Berdasarkan Analisis REBA. *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Industri (SNTI)*, *9*(1), 112–118. Diambil dari https://journal.atim.ac.id/index.php/prosiding/article/view/308

Bora, M. A., Hardi, Y., Dermawan, A. A., Cundara, N., Hanafie, A., Haslindah, A., Permatasari, R. D., Hernando, L., Candra, J. E., & Leman, A. M. (2025). Application of REBA and QEC Methods in Redesigning Clamping Workstations to Enhance Ergonomic Performance. *Journal Européen Des Systèmes Automatisés*, *58*(6), 1275–1284. https://doi.org/10.18280/jesa.580617

Cruz-Ausejo, L., Cano Gallardo, C., Jose Valverde Ayte, J., del Carmen Abad Castillo, J., Galea, J., & Bhattacharya, A. (2026). *Designing for adoption: a culturally grounded, 3D-prototyped ergonomic hand tool for Andean potato harvesting*. *Physical Ergonomics & Human Factors, 223*, 85–92. https://doi.org/10.54941/ahfe1007799

Dinata, S., Bawono, B., Dharsono, W. W., & Anggoro, P. W. (2024). TROLLEY RACK DESIGN FOR TEA FACTORY WORKERS IN INDONESIA BASED ON ANTHROPOMETRIC APPROACH. *Management Systems in Production Engineering*, *32*(3), 419–427. https://doi.org/10.2478/mspe-2024-0039

Elbert, K. K., Kroemer, H. B., & Hoffman, A. D. K. (2018). *Ergonomics: how to design for ease and efficiency*. Academic Press.

Ghozali, I. (2021). Aplikasi Analisis Multivariat Menggunakan Program IBM SPSS 26. edisi ke-10. *Semarang: Universitas Diponegoro*.

Gungor, C., & Oguz, M. F. (2024). Manual material handling risk assessment in furniture industry: REBA method. *World Journal of Advanced Research and Reviews*, *21*(3), 1760–1765. https://doi.org/10.30574/wjarr.2024.21.3.0934

Haifa, N. M., Nabilla, I., Rahmatika, V., Hidayatullah, R., & Harmonedi, H. (2025). Identifikasi Variabel Penelitian, Jenis Sumber Data dalam Penelitian Pendidikan. *Dinamika Pembelajaran: Jurnal Pendidikan Dan Bahasa*, *2*(2), 256–270. https://doi.org/10.62383/dilan.v2i2.1563

Hermanto, M. Z., Sianipar, T. P. O., & Alamsyah, M. N. (2025a). Perancangan dengan Pendekatan Design Failure Mode and Effect Analysis (DFMEA) untuk Meningkatkan Postur Ergonomi Kerja di Industri Manufaktur. *JIeTri: Journal of Industrial Engineering Tridinanti*, *3*(01), 11–15. Retrieved from https://ejournal.univ-tridinanti.ac.id/index.php/Jietri/article/view/1274

Hidayatullah, A., Mauluddin, Y., & Rizki, S. (2023). Perancangan Alat Pengaduk Dodol Ergonomis untuk Mengurangi Cedera pada Pekerja. *Jurnal Kalibrasi*, *21*(2), 113–123. https://doi.org/10.33364/kalibrasi/v.21-2.1442

Hignett, S., & McAtamney, L. (2000). Rapid entire body assessment (REBA). *Applied Ergonomics, 31*(2), 201–205. https://doi.org/10.1016/S0003-6870(99)00039-3

International Ergonomics Association. (2000). *What Is Ergonomics (HFE)?* International Ergonomics Association (IEA). https://iea.cc/about/what-is-ergonomics

Karhu, O., Kansi, P., & Kuorinka, I. (1977). Correcting working postures in industry: A practical method for analysis. *Applied Ergonomics*, *8*(4), 199–201. https://doi.org/10.1016/0003-6870(77)90164-8

Kartika, A. D. C., & Mukhtar, M. N. A. (2023). Penerapan RULA Dan REBA Dalam Mengatasi Kelelahan Operator Mesin Roll Bottom. *Heuristic*, *20*(1), 13–24. https://doi.org/10.30996/heuristic.v20i1.8867

Kemmlert, K. (1995). A method assigned for the identification of ergonomic hazards—PLIBEL. *Applied Ergonomics*, *26*(3), 199–211. https://doi.org/10.1016/0003-6870(95)00022-5

Khoirul Anam, M., & Febri Satoto, H. (2025). *Perancangan dan Pembuatan Mesin Mixer Adonan Guna Meminimalisir Tingkat Kelelahan Pekerja dengan Pendekatan REBA (Rapid Entire Body Asessment)*. *12*(1), 258–270. https://doi.org/10.37859/jst.v12i1.9376

Lee, Y. C., Chen, C. H., & Lee, C. H. (2019). Body anthropometric measurements of Singaporean adult and elderly population. *Measurement: Journal of the International Measurement Confederation*, *148*. https://doi.org/10.1016/j.measurement.2019.106949

Li, G., & Buckle, P. (1998). A practical method for the assessment of work-related musculoskeletal risks-Quick Exposure Check (QEC). *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, *42*(19), 1351–1355. https://doi.org/10.1177/154193129804201905

Mayasti, N. K. I., Purcawadikesit, E., Indriati, A., Haryanto, A., Hanifah, U., Karim, M. A., Hasani Siregar, Y., Anggara, C. E. W., & Purwandoko, P. B. (2023). Design of rapid desiccated air-tray dryer machine with ergonomic approach. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, *1168*(1). https://doi.org/10.1088/1755-1315/1168/1/012035

McAtamney, L., & Corlett, E. N. (1993). RULA: a survey method for the investigation of work-related upper limb disorders. *Applied Ergonomics*, *24*(2), 91–99. https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/000368709390080S?via%3Dihub

Mishra, P., Pandey, C. M., Singh, U., Gupta, A., Sahu, C., & Keshri, A. (2019). Descriptive statistics and normality tests for statistical data. *Annals of Cardiac Anaesthesia*, *22*(1), 67–72. https://doi.org/10.4103/aca.ACA_157_18

Moubray, J. (2001). *Reliability-Centered Maintenance* (2nd ed.). Industrial Press Inc.

Muslim, E., Nurtjahyo, B., & Ardi, R. (2011). Ergonomic analysis of garment industry using Posture Evaluation Index (PEI) in virtual environment. *Makara Journal of Technology*, *15*(1), 12. https://doi.org/10.7454/mst.v15i1.860

Nurmianto, E. (2008). Ergonomi: Konsep dasar dan aplikasinya, edisi kedua. *Guna Widya, Surabaya, Indonesia*.

Parningotan, S., & Iskandar, I. (2022). *Analysis and Design of Ergonomic Work Posture in Cutting Part in PT EYZ Using Reba Method*. *Journal of Industrial Engineering and Halal Industries, 3*(1), 1–6. https://doi.org/10.14421/jiehis.3517

Rahmanda, H. A., Rini, W. N. E., & Kusmawan, D. (2026). Faktor Faktor yang Berhubungan dengan Musculoskeletal Disorders pada Dokter Gigi: Systematic Literature Review. *PubHealth Jurnal Kesehatan Masyarakat*, *4*(3), 306–315. https://doi.org/10.56211/pubhealth.v4i3.1584

Saha, A. K., Jahin, M. A., Rafiquzzaman, M., & Mridha, M. F. (2024). Ergonomic design of computer laboratory furniture: Mismatch analysis utilizing anthropometric data of university students. *Heliyon*, *10*(14). e34063. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e34063

Stephen Pheasant, C. M. H. (2006). *Bodyspace: Anthropometry, Ergonomics and the Design of Work* (Third Edition). CRC Press.

Sudiarno, A., & Maharani, N. P. (2024). A Conceptual Framework for Analyzing Occupational Safety and Health Program Investment: Hierarchy of Controls-Based Approach. *Indonesian Journal of Occupational Safety and Health*, *13*(2), 201–212. https://doi.org/10.20473/IJOSH.V13I2.2024.201-212

Sulung, U., & Muspawi, M. (2024). Memahami sumber data penelitian: Primer, sekunder, dan tersier. *Edu Research*, *5*(3), 110–116. https://doi.org/10.47827/jer.v5i3.238

Sumantika, A., Prasetyo, B. A., & Sirait, G. (2024). Mitigasi risiko pada proses produksi tahu menggunakan pendekatan metode failure mode and effect analysis dan risk priority number. *Jurnal Surya Teknika*, *11*(1), 40–45. https://doi.org/10.37859/jst.v11i1.7084

Susilo, A., Rohimat, R. I., & Husniah, H. (2019). Analisis Kegagalan Operasional Mesin Chiller dengan Metoda FTA dan FMEA Chiller Machine Operational Failure Analysis with The FTA and FMEA Methods. *Integrasi Jurnal Ilmiah Teknik Industri*, *2*(3). http://jurnal.um-palembang.ac.id/index.php/integrasi

Syarif, A. A., Harahap, I. F., & Hasibuan, Y. M. (2024). Perancangan Alat Bantu Pengiris Singkong Otomatis Untuk Menurunkan Resiko Cidera Dengan Menggunakan Metode Rula Dan Reba. *Jurnal Optimasi Teknik Industri (JOTI)*, *6*(1), 15. https://doi.org/10.30998/joti.v6i1.21303

Tarwaka, S., & Sudiajeng, L. (2004). *Ergonomi untuk keselamatan, kesehatan kerja dan produktivitas*. Surakarta: Uniba Press.

Unegbu, H., & Yawasa, D. S. (2025). Ergonomic Redesign of Farm Tools to Reduce Musculoskeletal Disorders among Nigerian Farmers. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung (Journal of Agricultural Engineering)*, *14*(6), 2297–2315. https://doi.org/10.23960/jtepl.v14i6.2297-2315

Wayan, I., Suarjana, G., Fikri Pomalingo, M., Palilingan, R. A., Parhusip, R., Program,), Kesehatan, S. I., Universitas, M., & Manado, N. (2022). PERANCANGAN FASILITAS KERJA ERGONOMI MENGGUNAKAN DATA ANTROPOMETRI UNTUK MENGURANGI BEBAN FISIOLOGIS. In *Jurnal Ilmiah Teknik Industri, 10*(2), 109–117. https://doi.org/10.24912/jitiuntar.v10i2.17755

Wiggermann, N., Bradtmiller, B., Bunnell, S., Hildebrand, C., Archibeque, J., Ebert, S., Reed, M. P., & Jones, M. L. H. (2019). Anthropometric Dimensions of Individuals With High

Body Mass Index. *Human Factors*, *61*(8), 1277–1296. https://doi.org/10.1177/0018720819839809

Wijaya, E. O., Sahrupi, & Sofa, M. J. (2022). Penerapan DFMEA pada perancangan produk casing lampu berbahan dasar bambu. *Operations Excellence: Journal of Applied Industrial Engineering, 14*(1), 12–24. https://doi.org/10.22441/oe.2022.v14.i1.039

World Health Organization. (2022, July 14). *Musculoskeletal health*. https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/musculoskeletal-conditions

Zahra, S. F., & Prastawa, H. (2023). ANALISIS KELUHAN MUSKULOSKELETAL MENGGUNAKAN METODE NORDIC BODY MAP (Studi Kasus: Pekerja Area Muat PT Charoen Pokphand Indonesia Semarang). *Industrial Engineering Online Journal, 12*(2). Retrieved from https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/ieoj/article/view/38447

LAMPIRAN









