

ANALISIS ERGONOMI DAN *CYCLE TIME* PADA ALAT PENGADUK *CEMENT MARKING*

Indah Puspa Murni, S.T., M.Sc.¹⁾
Politeknik Gajah Tunggal
indahpuspamurni@gmail.com

Henry Prasetyo, S.Si., M.T.²⁾
Politeknik Gajah Tunggal
henry@poltek-gt.ac.id

Dayang Jingga Amora³⁾
Teknologi Industri, Politeknik Gajah Tunggal
dayangjingga2002@gmail.com

Lukman Hadi Sutrisno⁴⁾
PT. Gajah Tunggal, Tbk.
luckysatria@gmail.com

ABSTRAK

This study analyzes the ergonomics and cycle time of the cement marking mixer at PT XYZ. Ergonomic evaluation using the Rapid Upper Limb Assessment (RULA) method identified the operator's posture with an initial score of 7, indicating a high risk of injury. After the design and implementation of the automatic mixer, the RULA score decreased to 3, indicating a significant improvement in working posture. Additionally, the cycle time for the cement mixing and screening process was reduced from 4.29 minutes to 2.6 minutes. This automatic mixer not only improves operational efficiency but also reduces the risk of musculoskeletal disorders for the operators. The results of this study highlight the importance of applying ergonomic principles and automation in the manufacturing industry to enhance workplace safety and productivity.

Keywords: Ergonomics, Cycle Time, Mixer, Cement Marking, RULA

I. PENDAHULUAN

PT XYZ adalah salah satu perusahaan manufaktur yang bergerak di industri pembuatan ban, dengan fokus pada perbaikan terus-menerus untuk menjaga kualitas produknya. Perusahaan ini memiliki beberapa *plant* yang memproduksi jenis ban yang berbeda, salah satunya *Plant C* memproduksi *Automobile Tube* dan *Bladder*.

Automobile Tube adalah ban dalam untuk jenis *bias tire* maupun *radial tire* dengan tipe *tube*. Sedangkan, *Bladder* adalah material yang digunakan dalam proses *building* dan *curing* untuk membentuk sisi *drum* dan membentuk ban dalam. Proses produksi di *Plant C* terbagi menjadi beberapa *section*, salah satunya yaitu *Section Extruder*.

Section Extruder merupakan *section* yang bertugas dalam pembentukan *compound* menjadi *green stick tube* dan *green stick bladder*. Pada *section* ini terdapat tiga *line* mesin *extruder* yang dioperasikan. Pembuatan *tube* dilakukan pada *line* satu, dua, dan tiga, sedangkan pembuatan *green stick bladder* hanya dilakukan pada *line* tiga.

Material pembentuk *green stick bladder* hanya berasal dari *compound*, sedangkan material pembentuk *green stick tube* berasal dari *compound* dengan material pendukung seperti *talca*, *branding*, plastik *PE sheet*, dan *marking line*.

Marking line merupakan garis yang terdapat di ban dalam yang berfungsi sebagai penanda *size green stick* dan *poka yoke* (anti salah) yang berarti apabila berat *green stick* *under/over spec* maka dengan otomatis garisnya tidak beraturan. *Marking line* pada ban dalam memiliki dua warna yaitu biru dan kuning. Komposisi yang terdapat dalam cairan *marking line* yaitu *cement* dan *solvent*. Sebelum dilakukan proses *marking* pada *green stick*, operator melakukan proses pengadukan dan penyaringan *cement* dengan *solvent*. Proses tersebut dilakukan secara manual menggunakan centong dan saringan. Operator melakukan penyaringan pada *cement* karena terjadi pengendapan dari salah satu material pembentuk *cement* yaitu *compound*. Jika tidak dilakukan penyaringan maka *nozzle* pada *marking line* tersumbat sehingga mengalami kegagalan yang menyebabkan *green stick* harus di *rework*.



Gambar 1. Proses pengadukan dan penyaringan *cement* dan *solvent*

Gambar 1 merupakan posisi operator pada saat melakukan pengadukan dan penyaringan *cement* dan *solvent* yang masih manual dan tidak ergonomis. Posisi badan membungkuk, jika dilakukan secara berulang tentu akan mengakibatkan *musculoskeletal disorder* apabila tidak dilakukan penanganan ataupun pencegahan. Berdasarkan hasil penyebaran kuesioner NBM (*Nordic Body Map*) didapatkan hasil skor di atas 20.

Nordic Body Map digunakan untuk menilai keluhan yang dialami pekerja terkait dengan gangguan *muskuloskeletal* (MSDs). Keluhan-keluhan tersebut diidentifikasi menggunakan kuesioner yang menampilkan beberapa jenis keluhan MSDs pada peta tubuh manusia. Dengan menggunakan kuesioner ini, dapat diketahui bagian-bagian otot yang mengalami keluhan dengan tingkat keluhan mulai dari Tidak Sakit (0), Agak Sakit (1), Sakit (2), hingga Sangat Sakit (3) [1].

Muskuloskeletal Disorder adalah cedera atau ketidaknyamanan yang dapat memengaruhi pergerakan tubuh manusia. Ketika pekerja mengalami cedera, tidak hanya pekerja yang terkena dampak tetapi perusahaan juga dapat mengalami kerugian karena pekerja tidak dapat bekerja secara optimal. Pengukuran tingkat faktor risiko merupakan metode pencegahan yang penting untuk gangguan *muskuloskeletal* [2].

Area yang mengalami keluhan seperti sakit di area leher atas, tengkuk, bahu kanan, bahu kiri, lengan atas kiri, punggung, lengan atas kanan, siku kiri, siku kanan, lengan bawah kiri, lengan bawah kanan, pergelangan tangan kiri, pergelangan tangan kanan, tangan kiri, tangan kanan. Berdasarkan keluhan yang dirasakan maka akan dilakukan penilaian risiko postur tubuh menggunakan metode *Rapid Upper Limb Assessment* (RULA).

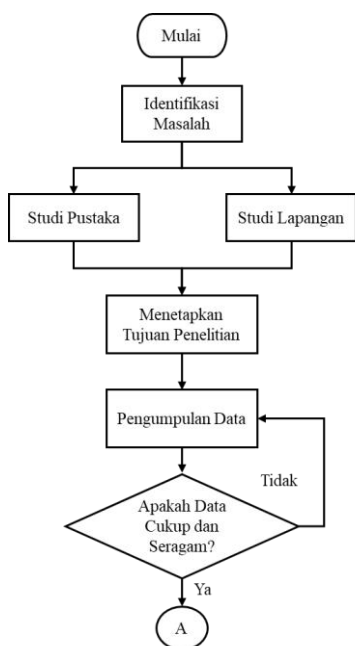
Rapid Upper Limb Analysis (RULA) merupakan sebuah metode dalam bidang ergonomi yang digunakan untuk menilai postur kerja tubuh manusia bagian atas. Metode ini tidak memerlukan peralatan khusus dalam pengukuran postur leher, punggung, dan tubuh bagian atas. Tujuan dari RULA adalah untuk mengevaluasi postur kerja serta kekuatan dan aktivitas otot yang dapat menyebabkan cedera akibat aktivitas berulang. Dalam menggunakan RULA, hasil pendekatan yang diperoleh berupa skor tingkat risiko berkisar dari satu hingga tujuh. Skor tertinggi menunjukkan bahwa postur kerja tersebut memiliki risiko besar atau berbahaya untuk dilakukan. Namun, perlu dicatat bahwa skor terendah tidak menjamin bahwa pekerjaan tersebut bebas dari bahaya ergonomi. Oleh karena itu, RULA dikembangkan untuk mendeteksi postur kerja yang berisiko dan mengidentifikasi perbaikan yang perlu dilakukan segera untuk mengurangi risiko cedera yang mungkin terjadi [3].

Dari permasalahan tersebut penulis perlu melakukan kajian dari beberapa peneliti sebelumnya. Tiara Catur Anggraini et al., 2022 menjelaskan bahwa dua karyawan memiliki postur kerja dengan risiko rendah, sementara satu karyawan yang menjalankan mesin *milling* memiliki risiko sedang. Oleh karena itu, diperlukan perbaikan postur kerja agar karyawan dapat menjalankan tugas dengan aman dan nyaman. Afiani et al., 2023 menjelaskan bahwa pada penelitian ini dilakukan uji keseragaman terlebih dahulu setelah itu dilakukan uji kecukupan data.

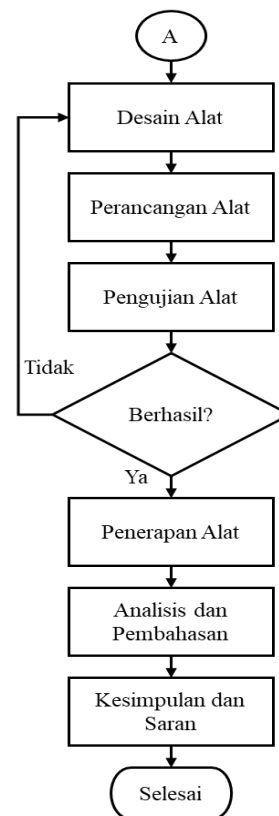
Uji keseragaman data digunakan untuk memastikan bahwa data yang dikumpulkan berasal dari sistem yang sama, sehingga dilakukan pemeriksaan keseragaman data. Pemeriksaan keseragaman data diperlukan untuk memisahkan data yang memiliki karakteristik yang berbeda [4]. Uji kecukupan data digunakan untuk memastikan bahwa data yang dikumpulkan cukup secara objektif, pengujian kecukupan data diperlukan. Pengukuran dilakukan dalam jumlah yang besar, bahkan sampai tak terbatas agar hasil pengukuran dapat digunakan [4].

Pada penelitian ini penulis mengemukakan ide rancang bangun alat pengaduk *cement marking* agar proses pengadukan dan penyaringan *cement marking* tidak dilakukan secara manual. Dengan adanya alat ini, diharapkan dapat meningkatkan otomatisasi dalam proses pengadukan dan penyaringan *cement* dan *solvent* serta dapat mengurangi nilai RULA.

II. METODE PENELITIAN



Gambar 2. Alur Penelitian



Gambar 2. Lanjutan

Pada tahap awal penelitian dilakukan identifikasi masalah pada keseluruhan proses produksi yang terletak di *Plant C* PT XYZ. Pada salah satu *section*, terdapat permasalahan yang memerlukan tindakan lanjut dan perbaikan. Permasalahan tersebut terdapat di *Section Extruder*, sebelum proses *marking* terdapat proses tambahan yaitu pengadukan dan penyaringan *cement* dengan *solvent*. Proses ini masih dilakukan secara manual oleh operator dengan menggunakan centong dan saringan setiap pergantian *shift* sehingga terjadi pengendapan *compound* yang menyebabkan *cement marking* tidak dapat langsung digunakan.

Studi pustaka merupakan langkah awal dalam penelitian yang bertujuan untuk mengumpulkan teori yang dapat mendukung data yang dikumpulkan dan memberikan referensi yang lebih terarah pada penelitian. Sumber informasi dan teori yang digunakan berasal dari referensi yang dapat dipercaya, seperti buku, artikel, jurnal, tugas akhir, dan skripsi. Sementara itu, studi lapangan merupakan tahap penelitian yang melibatkan observasi dan wawancara langsung pada objek penelitian untuk mengumpulkan data primer. Dalam konteks ini, observasi dilakukan di *Section Extruder* untuk mendapatkan informasi aktual secara langsung. Selain itu, pada tahap ini juga dilakukan perencanaan rancangan alat dengan mempertimbangkan kondisi lokasi dan kebutuhan operator. Pendekatan ini memungkinkan peneliti untuk memperoleh pemahaman yang lebih mendalam tentang kondisi dan kebutuhan di

lapangan, sehingga hasil penelitian menjadi lebih relevan dan aplikatif.

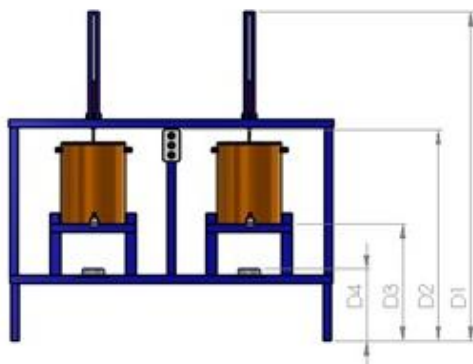
Langkah selanjutnya, yaitu menetapkan tujuan penelitian. Pada tahap ini ditetapkan tujuan terkait dengan permasalahan yang terdapat di *Section Extruder*. Tujuan ini difokuskan pada perancangan produk yang berupa alat pengaduk *cement marking* yang sesuai dengan postur tubuh pekerja serta untuk memangkas *cycle time*. Alat pengaduk *cement marking* ini menggunakan *air grinder* sebagai penggerak untuk pengaduknya.

Selanjutnya, pengumpulan data kuantitatif yang dilakukan dengan cara melakukan observasi lapangan dan mendapatkan hasil pengukuran yang dibutuhkan untuk dimensi rancang bangun mesin. Pada penelitian ini data yang diperlukan adalah dimensi tubuh pekerja pada bagian *marking line* untuk perhitungan antropometri dan *cycle time* proses pengadukan dan penyaringan *cement marking*. Postur pekerja pada bagian *marking line* tersebut kemudian dianalisis menggunakan metode RULA. Penggunaan metode RULA dikarenakan pada proses pengadukan dan penyaringan, operator dalam posisi membungkuk seperti pada Gambar 1. Berikut merupakan tabel dimensi tubuh pekerja yang dibutuhkan, dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Kebutuhan dimensi pengukuran

Dimensi Tubuh	Keterangan	Fungsi
D1	Tinggi tubuh	Tinggi kerangka
D3	Tinggi bahu	Tinggi <i>on/off push button</i>
D5	Tinggi pinggul	Tinggi posisi tatakan ember
D15	Tinggi lutut	Tinggi posisi tatakan kaleng <i>cement</i>

Pada tahap ini dilakukan perancangan alat yang sudah sesuai dengan dimensi tubuh operator. Desain alat dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Desain alat sesuai dimensi tubuh

Setelah itu, dilakukan analisis data kuantitatif terhadap data jumlah *cycle time*. Data tersebut akan diuji menggunakan uji keseragaman data dan uji kecukupan data. Selain itu, akan dilakukan perhitungan dimensi alat pengaduk *cement marking* berdasarkan dimensi tubuh menggunakan rumus persentil ke-50 dan ke-99. Proses pengolahan data akan menggunakan metode RULA dengan mengisi lembaran RULA. Satu lembaran RULA akan digunakan untuk mengevaluasi postur tubuh operator. Pengukuran postur tubuh operator akan dilakukan dengan bantuan aplikasi *Physio Master* untuk mendapatkan nilai sudut pada postur tubuh operator. Hasil penilaian RULA yang diperoleh akan dibandingkan antara sebelum dan sesudah dilakukan rancang bangun alat.

Bagian terakhir dari penelitian berisi kesimpulan yang menjawab tujuan akhir dari penelitian yang dilakukan peneliti.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Penilaian Postur Kerja Operator Sebelum Rancang Bangun

Pengadukan dan penyaringan *cement* dan solvent sebelum adanya alat pengaduk *cement marking* dilakukan secara manual menggunakan centong dan saringan. Hasil analisis postur tubuh menggunakan metode RULA dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Analisis RULA pada postur operator

Berdasarkan Gambar 4 terdapat 6 bagian tubuh yang diukur sudutnya ketika dalam postur kerja. Kemudian, sudut tersebut digunakan untuk menghitung postur kerja yang terdapat pada Tabel 2.

Tabel 2. Nilai sudut postur kerja

Bagian Tubuh	Sudut
Punggung	36°
Leher	42°
Lengan atas	27°
Lengan bawah	64°
Pergelangan Tangan	24°
Kaki	6°

3.2. Penilaian Postur Tubuh Kategori A

Setelah mendapatkan nilai sudut pada postur tubuh operator, selanjutnya dilakukan penilaian postur tubuh kategori A. Berikut merupakan perhitungan nilai RULA kategori A dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Perhitungan nilai RULA kategori A

Kategori	Postur Tubuh	Nilai Postur	Ket	Nilai Tambah	Total
A	Lengan Atas	+2	Bahu terangkat	+1	+3
	Lengan Bawah	+1	Melintasi garis tengah	+1	+2
	Pergelangan Tangan	+3	Tertekuk dari garis tengah	+1	+4
	Posisi Pergelangan Tangan	+1	-	-	+1

Skor untuk ukuran lengan atas (upper arm), lengan bawah (lower arm), pergelangan tangan (wrist), dan putaran pergelangan tangan (wrist twist) dimasukkan ke dalam Tabel skor kategori A yang terdapat pada Tabel 4.

Tabel 4. Skor kategori A

Tabel A		Wrist			
Upper arm	Lower arm	1	2	3	4
		Wrist twist	Wrist twist	Wrist twist	Wrist twist
1	1	1	2	2	3
2	2	2	2	2	3
3	2	3	2	3	3
4	1	2	2	2	3
5	2	2	2	3	3
6	3	2	3	3	3
7	1	2	3	3	4
8	2	2	3	3	4
9	3	2	3	3	4
10	1	2	3	3	4
11	2	2	3	3	4
12	3	2	3	3	4
13	1	2	3	3	4
14	2	2	3	3	4
15	3	2	3	3	4
16	1	2	3	3	4
17	2	2	3	3	4
18	3	2	3	3	4
19	1	2	3	3	4
20	2	2	3	3	4
21	3	2	3	3	4
22	1	2	3	3	4
23	2	2	3	3	4
24	3	2	3	3	4
25	1	2	3	3	4
26	2	2	3	3	4
27	3	2	3	3	4
28	1	2	3	3	4
29	2	2	3	3	4
30	3	2	3	3	4

Berdasarkan Tabel 4 skor untuk postur tubuh kategori A adalah 5.

a) Skor aktivitas

Aktivitas pengadukan dan penyaringan dilakukan berulang-ulang hingga 4 kali per menit, sehingga diberi skor +1

b) Skor beban/ tenaga

Beban berupa *cement* dan solvent dalam centong yang beratnya termasuk ke kategori beban < 2 kg, jadi diberi nilai 0

Jadi total skor untuk kategori A adalah 5 + 1 = 6

3.3. Penilaian Postur Tubuh Kategori B

Berikut merupakan perhitungan nilai RULA kategori B dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Perhitungan nilai RULA kategori B

Kategori	Postur Tubuh	Nilai Postur	Ket	Nilai Tambah	Total
B	Leher	+3	-	-	+3
	Punggung	+3	-	-	+3
	Kaki	+2	-	-	+2

Skor untuk leher (*neck*), punggung (*trunk*), dan kaki (*legs*) dimasukkan ke dalam Tabel skor kategori A yang terdapat pada Tabel 6.

Tabel 6. Skor kategori B

Neck Posture Score	Tabel B: Trunk Posture Score											
	1		2		3		4		5		6	
	Legs	Legs	Legs	Legs	Legs	Legs	Legs	Legs	Legs	Legs	Legs	
1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
2	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
3	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
4	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
5	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
6	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	

Berdasarkan Tabel 6 skor untuk postur tubuh kategori B adalah 5.

a) Skor aktivitas

Aktivitas pengadukan dan penyaringan dilakukan berulang-ulang hingga 4 kali per menit, sehingga diberi skor +1

b) Skor beban/ tenaga

Beban berupa *cement* dan solvent dalam centong yang beratnya termasuk ke kategori beban < 2 kg, jadi diberi nilai 0

Jadi total skor untuk kategori B adalah 5 + 1 = 6

3.4. Penilaian Postur Tubuh Kategori C

Total skor untuk kategori A dan B dimasukkan ke dalam tabel perhitungan, seperti yang ditunjukkan dalam Tabel 7 untuk menghasilkan skor akhir postur tubuh operator.

Tabel 7. Skor akhir

Tabel C	Neck, Trunk, Leg Score						
	1	2	3	4	5	6	7+
Wrist/ Arm Score	1	1	2	3	4	5	6
	2	2	3	4	5	6	7
	3	3	4	5	6	7	8
	4	4	5	6	7	8	9
	5	5	6	7	8	9	10
	6	6	7	8	9	10	11
	7	7	8	9	10	11	12
	8+	8	9	10	11	12	13

Berdasarkan perhitungan skor kategori A dan B untuk postur tubuh operator, diperoleh total skor akhir sebesar 7. Kesimpulan dari skor ini adalah perlunya investigasi dan tindakan perubahan secepat mungkin dalam proses pengadukan dan penyaringan *cemnet marking*. Hal ini disebabkan karena kategori risiko termasuk dalam risiko tinggi.

3.5. Data Antropometri

Pengukuran data antropometri dilakukan menggunakan beberapa dimensi tubuh operator untuk mengetahui nilai dimensi yang akan digunakan pada rancangan, yaitu:

1. Dimensi D1, yaitu dimensi tinggi tubuh yang akan digunakan untuk mengukur tinggi kerangka.
2. Dimensi D3, yaitu dimensi tinggi bahu yang akan digunakan untuk mengukur tinggi *on/off push botton*.
3. Dimensi D5, yaitu dimensi tinggi pinggul yang akan digunakan untuk mengukur tinggi posisi tatakan ember.
4. Dimensi D15, yaitu dimensi tinggi lutut yang akan digunakan untuk mengukur tinggi posisi tatakan botol *cement*.

Pengukuran antropometri dilakukan dengan mengambil sebanyak lima sampel yang mewakili seluruh populasi pada bagian *marking line* di *Section Extruder*. Pada Tabel 8 merupakan data dimensi dari lima pekerja *marking line*. Hasil pengukuran didapatkan dalam satuan *centimeter*.

Tabel 8. Hasil pengukuran dimensi tubuh

No.	Nama	D1	D3	D5	D15
1	A	170	142	100	53
2	B	169	140	101	52
3	C	172	143	102	51
4	D	173	145	103	53
5	E	168	141	100	50

Data yang dikumpulkan pada proses pengukuran dimensi dari kedua sampel, kemudian diolah menggunakan aplikasi SPSS sehingga dapat dihasilkan data deskriptif seperti pada Tabel 9 di bawah ini.

Tabel 9. Hasil deskriptif data

Variabel	Rata-Rata	Std.Deviasi
D 1	170,4	2,074
D 3	142,2	1,924
D 5	101,2	1,304
D15	51,8	1,304

3.6. Hasil Pengambilan Data Cycle time Sebelum Rancang Bangun

Hasil pengambilan data *cycle time* didapat dari pengambilan data secara langsung dan acak dapat dilihat pada Tabel 10 berikut ini.

Tabel 10. Waktu rata-rata kegiatan pengadukan dan penyaringan manual

No.	Kegiatan	\bar{x} (detik)
1	Ambil botol isi ulang <i>marking</i>	13,59
2	Jalan ke lokasi <i>cement</i> dan solvent	52,61
3	Letakkan botol isi ulang di palet	4,42
4	Saring solvent	19,69
5	Saring dan tuangkan <i>cement</i> ke botol isi ulang menggunakan centong	53,03
6	Tuangkan solvent ke botol isi ulang menggunakan centong	20,43
7	Ambil botol isi ulang	4,02
8	Jalan menuju mesin	60,41
9	Aduk <i>cement</i> dan solvent	19,31
10	Letakkan botol isi ulang di mesin	10,65
Total Waktu		$\pm 257,42$

Berdasarkan tabel di atas didapatkan hasil untuk proses pengadukan dan penyaringan *cement marking* yaitu sebesar $\pm 257,42$ detik atau **4,29 menit**.

3.7. Uji Kecukupan Data Sebelum Rancang Bangun

Hasil dari waktu yang telah diambil dilakukan uji kecukupan data untuk mengetahui data tersebut sudah cukup atau belum untuk pengolahan data pada proses selanjutnya. Jika data yang dikumpulkan tidak cukup maka dilakukan pengumpulan data ulang sampai data yang dikumpulkan cukup. Uji kecukupan data dilakukan menggunakan persamaan (27) dengan tingkat keyakinan 95%, sehingga $k = 2$. Sebagai contoh berikut perhitungan kegiatan 1.

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

$$N' = \left[\frac{2/0,05 \sqrt{30(5.573,98) - (166.186,68)}}{407,7} \right]^2$$

$$N' = \left[\frac{40\sqrt{1.032,72}}{407,7} \right]^2$$

$$N' = \left[\frac{1.285,6}{407,7} \right]^2$$

$$N' = 9,94$$

Dari hasil perhitungan di atas data pada kegiatan 1 dikatakan cukup karena $N' < N$ atau $9,94 < 30$, maka data dapat dikatakan cukup. Berikut hasil uji kecukupan data secara lengkap dapat dilihat pada Tabel 11.

Tabel 11. Hasil uji kecukupan data

Keg	Ting.ket	Uji kecukupan data					
		S	K	K/s	N	N'	Ket
1	95%	5%	2	40	30	9,94	Cukup
2	95%	5%	2	40	30	3,11	Cukup
3	95%	5%	2	40	30	28,23	Cukup
4	95%	5%	2	40	30	3,37	Cukup
5	95%	5%	2	40	30	4,23	Cukup
6	95%	5%	2	40	30	5,07	Cukup
7	95%	5%	2	40	30	19,84	Cukup
8	95%	5%	2	40	30	0,65	Cukup
9	95%	5%	2	40	30	1,35	Cukup
10	95%	5%	2	40	30	24,97	Cukup

3.8. Uji Keseragaman Data Sebelum Rancang Bangun

Uji keseragaman data dilakukan untuk mengetahui apakah data yang telah dikumpulkan seragam atau belum, dengan tujuan mengidentifikasi keberadaan data ekstrem. Uji keseragaman yang dilakukan menggunakan software SPSS 26 yang dapat dilihat pada Tabel 12 berikut ini.

Tabel 12. Hasil uji keseragaman data

Elemen Kerja	\bar{x} (detik)	BKA (detik)	BKB (detik)	Keterangan
1	13,65	17,10	10,19	Seragam
2	52,65	59,65	45,64	Seragam
3	4,45	5,34	3,57	Seragam
4	19,68	23,05	16,31	Seragam
5	53,03	62,96	43,11	Seragam
6	20,35	23,72	16,99	Seragam
7	4,06	5,66	2,47	Seragam
8	60,42	64,67	56,17	Seragam
9	19,29	21,15	17,43	Seragam
10	10,65	15,16	6,13	Seragam

3.9. Hasil Data Antropometri

Dalam perancangan alat pengaduk *cement marking* diperlukan perhitungan berdasarkan data dimensi yang terdiri dari dimensi 1 sebagai tinggi kerangka, dimensi 3 sebagai tinggi on/off push button, dimensi 5 sebagai tinggi posisi tatakan ember, dan dimensi 15 sebagai tinggi posisi tatakan botol *cement*. Selanjutnya menentukan persentil untuk setiap dimensi tersebut serta melakukan perhitungan untuk mendapatkan dimensi alat pengaduk yang sesuai. Berikut adalah data dimensi, persentil, kegunaan, dan kelonggaran yang terdapat pada Tabel 13.

Tabel 13. Hasil dimensi dan persentil

Kegunaan	Dimensi	Persentil
Tinggi kerangka	1	50-th

Kegunaan	Dimensi	Persentil
Tinggi <i>on/off push button</i>	3	50-th
Tinggi posisi tatakan ember	5	50-th
Tinggi posisi tatakan botol	15	99-th

Berdasarkan persentil yang telah didapat, dilakukan perhitungan sesuai dengan rumus yang terdapat pada Tabel 14.

Tabel 14. Perhitungan persentil

Dimensi	Persentil	Perhitungan
1	50-th	$\bar{x} = 170,4$
3	50-th	$\bar{x} = 142,2$
5	50-th	$\bar{x} = 101,2$
15	99-th	$\bar{x} + 2,325 (\sigma) = 51,8 + 2,325 (1,304) = 54,83$

Berdasarkan Tabel 14 dapat dilihat hasil perhitungan dari masing-masing dimensi, untuk dimensi 1 mendapatkan nilai sebesar 170,4 cm, dimensi 3 sebesar 142,2 cm, dimensi 5 sebesar 101,2 cm, dan dimensi 15 sebesar 54,83 cm. Kemudian setelah mendapatkan hasil dari perhitungan persentil dilanjutkan dengan melakukan perhitungan antropometri, setiap perhitungannya dibulatkan.

1. Tinggi kerangka
Tinggi kerangka = Dimensi 1 = 170 cm
2. Tinggi *on/off push button*
Tinggi *on/off push button* = Dimensi 3 = 142 cm
3. Tinggi posisi tatakan ember
Tinggi posisi tatakan ember = Dimensi 5 = 101 cm
4. Tinggi posisi tatakan botol *cement*
Tinggi posisi tatakan botol *cement* = Dimensi 15 = 55 cm

Dari hasil perhitungan ukuran dimensi alat pengaduk *cement marking* didapatkan nilai ukuran yaitu 170 cm untuk tinggi kerangka, 142 cm untuk tinggi *on/off push button*, 101 cm untuk tinggi posisi tatakan ember, dan 55 cm untuk tinggi posisi tatakan botol *cement*.

3.10. Penilaian Postur Kerja Operator Sesudah Rancang Bangun

Setelah dilakukan rancang bangun alat pengaduk *cement marking*, penulis melakukan analisis RULA untuk mengetahui apakah alat pengaduk yang telah dibuat dapat menurunkan nilai RULA. Seorang operator sedang mencoba menggunakan alat pengaduk *cement marking*, postur tubuh operator dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Analisis RULA pada postur operator
Berdasarkan Gambar 5 terdapat 6 bagian tubuh yang diukur sudutnya ketika dalam postur kerja. Kemudian, sudut tersebut digunakan untuk menghitung postur kerja yang terdapat pada Tabel 15.

Bagian Tubuh	Sudut
Punggung	5°
Leher	30°
Lengan atas	14°
Lengan bawah	15°
Pergelangan Tangan	15°
Kaki	3°

3.11. Penilaian Postur Tubuh Kategori A

Setelah mendapatkan nilai sudut pada postur tubuh operator, selanjutnya dilakukan penilaian postur tubuh kategori A. Berikut merupakan perhitungan nilai RULA kategori A dapat dilihat pada Tabel 16.

Tabel 16. Perhitungan nilai RULA kategori A

Kategori	Postur Tubuh	Nilai Postur	Ket	Nilai Tambahan	Tot
A	Lengan Atas	+1	-	-	+1
	Lengan Bawah	+1	-	-	+1
	Pergelangan Tangan	+2	-	-	+2
	Posisi Tangan				
	Pergelangan Tangan	+1	-	-	+1

Skor untuk ukuran lengan atas (*upper arm*), lengan bawah (*lower arm*), pergelangan tangan (*wrist*), dan putaran pergelangan tangan (*wrist twist*) dimasukkan ke dalam Tabel skor kategori A yang terdapat pada Tabel 17.

Tabel 17. Skor kategori A

Tabel A		Wrist							
		1		2		3		4	
Upper arm	Lower arm	Wrist twist		Wrist twist		Wrist twist		Wrist twist	
1	1	1	2	1	2	1	2	1	2
	2	2	2	2	2	2	3	3	3
	3	2	2	2	2	3	3	3	4
2	1	2	2	2	3	3	3	4	4
	2	2	2	2	3	3	3	4	4
	3	2	3	3	3	3	3	4	5
3	1	2	3	3	3	4	4	5	5
	2	2	3	3	3	4	4	5	5
	3	2	4	3	3	4	4	5	5
4	1	3	4	4	4	4	4	5	5
	2	3	4	4	4	4	4	5	5
	3	3	4	4	5	5	5	6	6
5	1	5	5	5	5	5	6	6	7
	2	5	6	6	6	6	7	7	7
	3	6	6	6	7	7	7	7	8
6	1	7	7	7	7	7	8	8	9
	2	7	8	8	8	8	8	9	9
	3	9	9	9	9	9	9	9	9

Berdasarkan Tabel 17 skor untuk postur tubuh kategori A adalah 2.

a) Skor aktivitas

Aktivitas pengadukan dan penyaringan dilakukan berulang-ulang hingga 4 kali per menit, sehingga diberi skor 0

b) Skor beban/ tenaga

Beban berupa *cement* dan *solvent* dalam centong yang beratnya termasuk ke kategori beban < 2 kg, jadi diberi nilai 0

Jadi total skor untuk kategori A adalah 2 + 0 = 2

3.12. Penilaian Postur Tubuh Kategori B

Berikut merupakan perhitungan nilai RULA kategori B dapat dilihat pada Tabel 18.

Tabel 18. Perhitungan nilai RULA kategori B

Kategori	Postur Tubuh	Nilai Postur	Keterangan Tambahan	Nilai Tambahan	Total
B	Leher	+3	-	-	+3
	Punggung	+2	-	-	+2
	Kaki	+1	-	-	+1

Skor untuk leher (*neck*), punggung (*trunk*), dan kaki (*legs*) dimasukkan ke dalam Tabel skor kategori A yang terdapat pada Tabel 19.

Tabel 19. Skor kategori B

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

Berdasarkan Tabel 19 skor untuk postur tubuh kategori B adalah 3.

a) Skor aktivitas

Aktivitas pengadukan dan penyaringan dilakukan berulang-ulang hingga 4 kali per menit, sehingga diberi skor 0.

b) Skor beban/ tenaga

Beban berupa *cement* dan *solvent* dalam centong yang beratnya termasuk ke kategori beban < 2 kg, jadi diberi nilai 0

Jadi total skor untuk kategori B adalah 3 + 0 = 3

Total skor untuk kategori A dan B dimasukkan ke dalam tabel perhitungan, seperti yang ditunjukkan dalam Tabel 20 untuk menghasilkan skor akhir postur tubuh operator.

Tabel 20. Skor akhir

Tabel C	Neck, Trunk, Leg Score							
		1	2	3	4	5	6	7+
Wrist/ Arm Score	1	1	2	3	3	4	5	5
	2	2	2	3	4	4	5	5
	3	3	3	3	4	4	5	6
	4	3	3	3	4	5	6	6
	5	4	4	4	5	6	7	7
	6	4	4	5	6	6	7	7
	7	5	5	6	6	7	7	7
	8+	5	5	6	7	7	7	7

Berdasarkan perhitungan skor kategori A dan B untuk postur tubuh operator, diperoleh total skor akhir sebesar 3. Kesimpulan dari skor ini adalah perubahan mungkin diperlukan pada proses pengadukan dan penyaringan *cement marking*, dikarenakan termasuk ke dalam risiko rendah. Dengan demikian dengan adanya alat pengaduk *cement marking* dapat menurunkan nilai RULA.

3.13. Hasil Pengambilan Data Cycle time sesudah Rancang Bangun

Hasil pengambilan data *cycle time* didapat dari pengambilan data secara langsung dan acak dapat dilihat pada Tabel 21 berikut.

Tabel 21. Waktu rata-rata kegiatan pengadukan dan penyaringan otomatis

No.	Kegiatan	\bar{x} (detik)
1	Ambil botol isi ulang marking	13,59
2	Jalan ke lokasi cement dan solvent	52,61
3	Letakkan botol isi ulang di palet	4,42
4	Tuangkan cement marking dengan memutar keran	10,89
5	Ambil botol isi ulang	4,02
6	Jalan menuju mesin	60,41
7	Letakkan botol isi ulang di mesin	10,65
Total Waktu		$\pm 156,59$

Berdasarkan tabel di atas didapatkan hasil untuk proses pengadukan dan penyaringan *cement marking* yaitu sebesar $\pm 156,59$ detik atau 2,6 menit. Pada proses pengadukan dan penyaringan *cement marking* menggunakan alat pengaduk terdapat perubahan pada kegiatan yang dilakukan yaitu operator tidak perlu melakukan proses pengadukan dan penyaringan karena sudah otomatis.

3.14. Uji Kecukupan Data Sesudah Rancang Bangun

Uji kecukupan data sesudah dilakukan rancang bangun dapat dilihat pada Tabel 22 berikut.

Tabel 22. Hasil uji kecukupan data

Kegiatan	Tingkat ketelitian	Koefisien	Uji kecukupan data			Keterangan
			K/s	N	N'	
1	95%	2	40	30	9,94	Cukup
2	95%	2	40	30	3,11	Cukup
3	95%	2	40	30	28,23	Cukup
4	95%	2	40	30	0,06	Cukup
5	95%	2	40	30	19,84	Cukup
6	95%	2	40	30	0,65	Cukup
7	95%	2	40	30	24,97	Cukup

3.15. Uji Keseragaman Data Sesudah Rancang Bangun

Uji keseragaman data sesudah dilakukan rancang bangun dapat dilihat pada Tabel 21 berikut.

Tabel 23. Hasil uji keseragaman data

Kegiatan	\bar{x} (detik)	BKA (detik)	BKB (detik)	Keterangan
1	13,59	16,84	10,34	Seragam
2	52,61	59,72	45,5	Seragam
3	4,42	6,25	2,6	Seragam
4	10,89	11,13	10,66	Seragam
5	4,02	5,43	2,61	Seragam
6	60,41	64,72	56,09	Seragam
7	10,65	15,29	6,01	Seragam

3.16. Perbandingan Waktu Pengadukan dan Penyaringan Cement dan Solvent

Dalam rancang bangun alat pengaduk *cement marking* ini terdapat tujuan yang ingin dicapai, salah satunya yaitu pengurangan *cycle time* proses pengadukan dan penyaringan *cement* dan solvent. Pada Tabel 24 berikut ini adalah perbandingan *cycle time* sebelum dan sesudah menggunakan alat pengaduk *cement marking*.

Tabel 24. Perbandingan waktu pengadukan dan penyaringan cement dan solvent

Data	Waktu (detik atau menit)
Waktu sebelum adanya alat pengaduk <i>cement marking</i>	$\pm 257,42$ detik atau 4,29 menit
Waktu sesudah adanya alat pengaduk <i>cement marking</i>	$\pm 156,59$ detik atau 2,6 menit
Hasil pengoptimalan waktu	$\pm 100,83$ detik atau 1,69 menit

Berdasarkan data yang tertera dalam Tabel 24, sebelum penggunaan alat pengaduk *cement marking*, waktu yang dibutuhkan untuk proses pengadukan dan penyaringan adalah sekitar $\pm 257,42$ detik atau 4,29 menit. Setelah penerapan alat pengaduk ini, waktu yang dibutuhkan berkurang menjadi $\pm 156,59$ detik atau 2,6 menit. Dengan demikian, alat pengaduk *cement marking* ini berhasil mengurangi waktu siklus sebesar $\pm 100,83$ detik atau 1,69 menit.

Alat pengaduk *cement marking* ini membantu dalam mengurangi tingkat kelelahan operator, karena proses yang lebih cepat dan efisien mengurangi beban kerja yang harus ditanggung. Operator dapat mengalihkan fokus mereka ke tugas-tugas lain yang juga penting, sehingga meningkatkan efisiensi keseluruhan operasional.

Secara keseluruhan, penggunaan alat pengaduk *cement marking* ini memberikan dampak yang positif dan signifikan terhadap proses pengadukan dan penyaringan *cement* dan solvent. Dengan pengurangan waktu siklus sebesar $\pm 100,83$ detik atau 1,69 menit, alat ini membuktikan efektivitasnya dalam meningkatkan efisiensi dan produktivitas dalam rancang bangun ini. Dampak positif ini tidak

hanya dirasakan dalam hal waktu, tetapi juga dalam kualitas kerja dan kesejahteraan operator yang terlibat dalam proses tersebut.

IV. KESIMPULAN

Setelah melakukan perbaikan dengan menggunakan pendekatan Antropometri pada alat pengaduk *cement marking*, terjadi penurunan nilai RULA sebesar 4 poin dari skor awal 7. Hasil pengukuran RULA setelah perbaikan menunjukkan nilai 3, yang menandakan bahwa postur tubuh pekerja saat menggunakan alat pengaduk sekarang dapat diterima dan layak untuk digunakan. Selain itu, waktu pengadukan dan penyaringan *cement* dan solvent juga meningkat menjadi lebih cepat, yaitu sekitar 1,69 menit.

V. DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. A. Anggraini and N. C. Bati, "Analisa Postur Kerja Dengan Nordic Body Map & Reba Pada Teknisi Painting Di Pt. Jakarta Teknologi Utama Motor Pekanbaru," *Phot. J. Sain dan Kesehat.*, vol. 7, no. 01, pp. 87–97, 2016, doi: 10.37859/jp.v7i01.563.
- [2] T. S. Nova and N. L. P. Hariastuti, "Analysis of Occupational Safety and Health Risk Using the HAZOPS Method and ergonomics Approach (RULA and REBA) at UD. Sekar Surabaya," *J. SENOPATI Sustain. Ergon. Optim. Appl. Ind. Eng.*, vol. 3, no. 2, pp. 63–73, 2022, doi: 10.31284/j.senopati.2022.v3i2.2382.
- [3] C. Utomo, E. B. Sulistiarini, and C. F. Putri, "Analisis Tingkat Resiko Gangguan Musculoskeletal Disorder (MSDS) pada Pekerja Gudang Barang Jadi Dengan Menggunakan Metode REBA, RULA, dan OWAS," *Pros. Semin. Nas. Apl. Sains Teknol. 2021*, pp. 110–117, 2021.
- [4] N. A. Silviana, "Rancangan Perbaikan Metode Kerja dan Alat Bantu Pada Stasiun Pengisian Bantal," *Ind. Eng. J.*, vol. 10, no. 1, pp. 1–4, 2021.