

RANCANG BANGUN ALAT BANTU PENGUKURAN LEBAR *TREATMENT TOPPING* CALENDAR

Kharisma Ramadhan¹⁾

Teknik Elektronika, Politeknik Gajah Tunggal
kharismaramadhan8@gmail.com

Nilam Surya Adiningsih²⁾

Teknologi Industri, Politeknik Gajah Tunggal
nilamsure@gmail.com

Panji Bagus Pangestu³⁾

Teknik Mesin, Politeknik Gajah Tunggal
panjipangestu32@gmail.com

Ilham Taufik Maulana S.ST.,MT⁴⁾

Teknik Mesin - Politeknik Gajah Tunggal
Ilham.tmaulana@gmail.com

ABSTRAK

Topping Calendar adalah proses pembuatan material bertulang (*reinforce*). *Output* dari proses *Topping Topping Calender* berupa *treatment* yang diletakkan pada *big roll*. Salah satu parameter produk yang rutin dilakukan pengontrolan adalah ukuran lebar *treatment*. Keadaan aktual saat ini proses pengukuran lebar *treatment* dilakukan secara manual oleh dua orang operator. Pengukuran yang dilakukan secara manual akan menimbulkan *off-center* material *treatment* terhadap kain *liner* dan kurangnya ergonomis karena dilakukan dengan posisi jongkok. Untuk mengatasi permasalahan tersebut penelitian kali ini bertujuan untuk merancang bangun alat bantu pengukuran lebar *treatment Topping Calender* yang ergonomis. Alat bantu pengukuran ini selanjutnya akan dianalisa pengaruhnya dalam hal nilai postur karyawan menggunakan metode REBA (*Rapid Entire Body Assessment*), serta pengaruhnya dalam hal waktu baku dengan metode *Stopwatch Time Study* saat sebelum dan setelah menggunakan alat bantu pengukuran lebar *treatment Topping Calender Plant X..* Metode yang digunakan adalah dengan mengubah pengukuran lebar *treatment* dari manual menjadi otomatis. Dengan penggunaan sistem kontrol, pengukuran otomatis, dan perancangan kerangka alat yang ergonomis. Kemudian dilakukan analisa alat dengan metode REBA dan *Stopwatch Time Study* saat sebelum dan setelah terdapat alat bantu pengukuran. Hasil rancang bangun konstruksi rangka dan sambungan baut dinyatakan aman dan layak digunakan karena nilai tegangan geser baut aktual lebih kecil dari pada nilai tegangan geser yang diizinkan. Nilai rata-rata persentase *error* pengukuran pada alat bantu ukur sebesar 0,165% dan nilai rata-rata selisih sebesar 2,4 mm. Terjadi penurunan nilai postur saat melakukan proses pengukuran lebar *treatment* dari 7 menjadi 3. Waktu baku proses pada saat manual selama 35,025 detik per satu kali pengukuran. Setelah menggunakan alat bantu pengukuran menjadi 10,486 detik per satu kali pengukuran. Terjadi pengurangan waktu selama 24,539 detik per satu kali pengukuran.

Kata Kunci : Pengukuran, Ergonomi, REBA, Otomatis, *Treatment*

I. PENDAHULUAN

Topping Calender merupakan salah satu *critical point* di proses produksi *Plant X* karena saat ini hanya terdapat satu mesin yang harus melayani kebutuhan material *ply* dan *jointless* di seluruh area produksi *Plant X*. Pada setiap rangkaian proses pasti terdapat parameter produk, tak terkecuali di proses *Topping Calender*. Salah satu parameter produk yang rutin dilakukan pengontrolan adalah ukuran lebar *treatment*. Keadaan aktual dilapangan saat ini proses pengukuran lebar *treatment* dilakukan setiap awal pergantian *big roll* baru. Target produksi per *shift* dari proses *Topping Calender* adalah 40 *big roll*, yang artinya pada setiap *shift*-nya dilakukan 40 kali proses pengukuran. Rata-rata waktu proses pengukuran adalah 22 detik. Proses pengukuran masih dilakukan secara manual oleh dua orang operator dengan posisi jongkok yang dinilai kurang ergonomis, seperti yang terlihat pada Gambar 1 berikut.. [1]

Gambar 1. Keadaan Aktual Proses



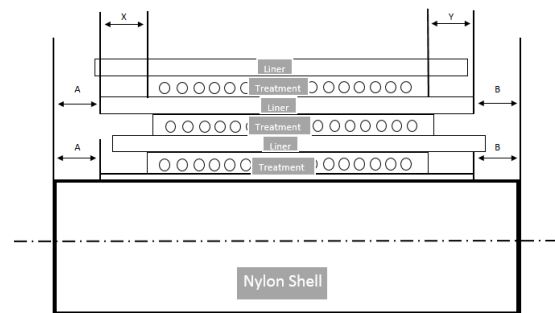
Pengukuran Lebar *Treatment Topping Calender*
(Sumber : Dokumentasi Penulis, 2021)

Berdasarkan *Control Plan Topping Calender D-DCL-09*, pengukuran lebar *treatment* dilakukan satu kali/*roll*, proses pengukuran ini dilakukan oleh 2 operator seperti Gambar 1. Selain itu, sebelum melakukan pengukuran operator harus mematikan motor *big roll*. Sehingga motor *big roll* sering di *start/stop*. Dampak dari hal tersebut dapat mengakibatkan *off-center* antara *liner* dengan *treatment*, dimana hal ini sudah terdapat standar yang tertera didalam MTS (*Manufacturing Technical Standard*).

material penyusun yang membuat ban tersebut menjadi kuat dan kokoh, material-material tersebut diproduksi pada bagian *material process*, dimana *material process* bertugas untuk mengolah karet (*compound*) menjadi material-material penyusun.

Gambar 2. MTS (*Manufacturing Technical Standard*)

(Sumber : Dokumentasi Penulis, 2021)



Dari MTS pada Gambar 2 akan dijelaskan lebih lanjut pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. MTS (*Manufacturing Technical Standard*)

Centering antara <i>Liner</i> terhadap <i>Treatment</i>	
Centering antara <i>Treatment</i> terhadap <i>Liner</i> .	Nilai X dan Y adalah nilai jarak tepi <i>liner</i> terhadap tepi <i>nylon shell</i> Nilai X dan Y = $\frac{\text{Lebar Liner} - \text{Lebar Treatment}}{2}$ Maksimal selisih antara X dan Y adalah 10 mm.

(Sumber : Dokumentasi Dept. *Technical Plant X*, 2021)

Berdasarkan MTS (*Manufacturing Technical Standard*) *Technical Plant X*, terdapat *item centering* antara *treatment* terhadap *liner*. Standar yang ditetapkan pada MTS adalah nilai X dan Y adalah nilai jarak tepi *treatment* terhadap tepi *liner*. Maksimal selisih antara X dan Y adalah 10 mm. Dari standar tersebut dapat diketahui bahwa besar pergeseran *treatment* terhadap tepi *liner* $\max \pm 5$ mm disetiap sisi kanan dan kirinya.

Untuk membuktikan kebenaran tersebut peneliti melakukan pengambilan data untuk mengetahui berapa besar pergeseran *treatment* terhadap tepi *liner* pada sisi kanan *roll*. Cara pengambilan data yang dilakukan peneliti adalah ketika motor *big roll* dalam posisi dimatikan kemudian peneliti mengukur jarak tepi kain *liner* sampai tepi *treatment* pada sisi kanan *big roll*. Seperti terlihat pada Gambar 3 berikut.



Gambar 3. Pengukuran Kain *Liner*.
(Sumber : Dokumentasi Penulis, 2021)

Peneliti melakukan pengukuran tersebut saat posisi *roll accumulator* diatas dan posisi *accumulator* dibawah. Tujuannya agar peneliti mengetahui besarnya nilai pergeseran *treatment* terhadap *liner*. Berikut merupakan gambar posisi *accumulator* diatas dan dibawah yang terlihat pada Gambar 4 dan Gambar 5.



Gambar 4. *Accumulator* Saat Posisi Bawah
(Sumber : Dokumentasi Penulis, 2021)



Gambar 5. *Accumulator* Saat Posisi Atas
(Sumber : Dokumentasi Penulis, 2021)

Dari proses pengukuran tersebut maka diperoleh data besarnya nilai pergeseran *treatment* terhadap *liner* yang tertera pada Tabel 2.

Tabel 2. Pergeseran *Treatment* Terhadap Tepi *Liner* pada Sisi Kanan *Roll*
(Sumber : Kajian Penulis, 2021)

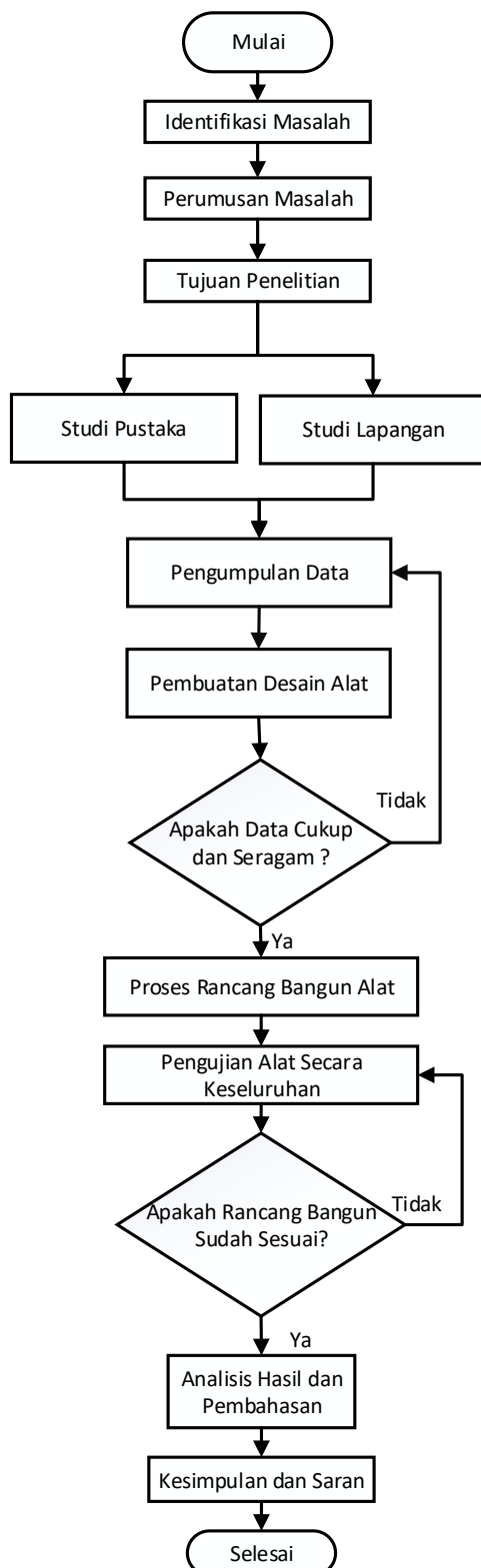
Dari Tabel 2 diatas menunjukkan terjadinya *off-center* atau pergeseran *treatment* terhadap *liner* dengan sebagian besar nilai pergeseran diluar standar yang ditetapkan yaitu $\max \pm 10$ mm. Untuk mengatasi permasalahan tersebut penelitian kali ini

bertujuan untuk merancang bangun alat bantu pengukuran lebar *treatment Topping Calender* yang ergonomis. Alat bantu pengukuran ini selanjutnya akan dianalisa pengaruhnya dalam hal nilai postur karyawan menggunakan metode REBA (*Rapid Entire Body Assessment*) serta pengaruhnya dalam hal waktu baku dengan metode *Stopwatch Time Study* saat sebelum dan setelah menggunakan alat bantu pengukuran lebar *treatment Topping Calender X* yang telah dibuat menurut REBA.

II. METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian yang memakai metode kualitatif yang hasilnya adalah data berjenis angka (*numeric*) [2]. Tempat penelitian dilakukan di Plant X PT. A dan dilaksanakan pada 1 Maret hingga 3 Juni 2021. Berikut adalah alur penelitian yang tersaji pada Gambar 6 berikut ini.

Pergeseran <i>Treatment</i> Saat Posisi <i>Roll Accumulator</i> Datas			Pergeseran <i>Treatment</i> Saat Posisi <i>Roll Accumulator</i> Dibawah		
X (mm)	Y (mm)	Pergeseran (mm)	X (mm)	Y (mm)	Pergeseran (mm)
93	77	16	93	77	16
96	74	22	97	73	24
88	82	6	96	74	22
95	75	20	94	76	18
94	76	18	94	76	18
97	73	24	97	73	24
99	71	28	99	71	28
94	76	18	98	72	26
99	71	28	96	74	22
96	74	22	88	82	6



Gambar 6. Alur Penelitian

Proses pembuatan rancang bangun ini dimulai dengan melakukan analisa berdasarkan pendekatan antropometri yang berfungsi untuk perancangan tinggi *display* pada alat bantu pengukuran. Antropometri merupakan salah satu bagian dari ilmu ergonomi yang membahas tentang penyesuaian

dimensi ukuran benda dengan dimensi bagian tubuh penggunanya (*user*) sehingga tercipta rasa nyaman dan terhindar dari resiko kecelakaan kerja [3]. Langkah-langkah dalam melakukan pendekatan antropometri adalah penentuan sampel yang terdiri dari 28 Operator *Topping Calender* sebagai pelaku dalam proses pengukuran. Kemudian menentukan dimensi tubuh berdasarkan pada dimensi benda yang akan dirancang yang selanjutnya akan dikumpulkan datanya. Sebelum melakukan pengolahan data, maka hal yang perlu dilakukan terlebih dahulu adalah melakukan pengujian data, yaitu uji kecukupan data, uji normalitas data dan uji keseragaman data.

Uji kecukupan data untuk mengetahui apakah data yang sudah dikumpulkan sudah cukup untuk diolah atau belum. Bila belum memenuhi kedua syarat tersebut maka harus dilakukan pengumpulan data kembali. Adapun rumus uji kecukupan data adalah sebagai berikut.

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

Keterangan :

N = Jumlah data

X_j = Data ke-j

k = Tingkat kepercayaan

s = Derajat ketelitian

Confidence level = 99% ; k = 1 ; s = 0,01

= 95% ; k = 2 ; s = 0,05

= 90% ; k = 3 ; s = 0,1

Dimana :

N' ≤ N, maka data dianggap cukup.

N' > N, maka data dianggap tidak cukup (kurang) dan perlu dilakukan penambahan data [4].

Uji normalitas data adalah suatu pengujian yang berfungsi untuk menilai sebaran data apakah berdistribusi normal atau tidak. Pada penelitian ini penulis menggunakan uji *Kolmogorov-Smirnov* karena, data yang diambil berupa sampel random dengan ketentuan jika *Asymp. Sig* > 0,05 maka data berdistribusi normal [4].

Uji keseragaman data yang memiliki tujuan untuk mengetahui sudah seragam atau belum data yang telah dimiliki, hal ini ditandai dengan posisi data apakah masuk dalam batas kontrol atas (BKA) atau batas kontrol bawah (BKB).

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

$$BKA = \bar{x} + k\sigma$$

$$BKB = \bar{x} - k\sigma$$

Keterangan :

σ = Standar deviasi
 $\bar{x}$ = Waktu rata-rata teramati
 BKA = Batas Kontrol Atas
 BKB = Batas Kontrol Bawah
 k = Tingkat kepercayaan

Setelah data memenuhi persyaratan, maka akan diolah menggunakan pendekatan antropometri. Pengolahan data yang dilakukan adalah penentuan persentil yang dijelaskan sebagai berikut.

Tabel 3. Jenis Persentil dan Cara Perhitungan

Persentil	Perhitungan
1-st	$\bar{x} - 2,325\sigma\chi$
2,5-th	$\bar{x} - 1,96\sigma\chi$
5-th	$\bar{x} - 1,64\sigma\chi$
10-th	$\bar{x} - 1,28\sigma\chi$
50-th	$\bar{x}$
90-th	$\bar{x} + 1,28\sigma\chi$
95-th	$\bar{x} + 1,64\sigma\chi$
97-th	$\bar{x} + 1,96\sigma\chi$
99-th	$\bar{x} + 2,325\sigma\chi$

(Sumber : Nurmianto, 2008)

Selanjutnya, melakukan perhitungan berdasarkan persentil yang telah dipilih pada Tabel 3, maka akan didapatkan hasil rancangan antropometri sesuai dengan yang dikehendaki. Setelah diperoleh tinggi display berdasarkan hasil perhitungan antropometri. Langkah selanjutnya yaitu membuat perancangan desain alat yang nantinya akan digunakan dengan menggunakan *software solidwork*. Adapun sistem penggerak dalam rancang bangun ini adalah *belt dan pulley*. Selain itu, untuk sambungan rangka yang digunakan pada alat ini merupakan sambungan baut. Sambungan ini dipilih karena lebih mudah dalam pemasangannya. Selain itu, dapat dipakai untuk menyambung plat tebal dan sambungan ini juga mudah untuk dibongkar pasang pada suatu konstruksi atau rangka [5]. Berikut merupakan persamaan untuk menghitung sambungan baut :

Tegangan geser pada baut dapat dihitung dengan rumus [5] :

$$P = \frac{\pi}{4} x d^2 x \tau x n$$

Keterangan :

P = Gaya luar yang bekerja (N)
 τ = Tegangan geser baut (N/mm²)
 d = Diameter mayor baut (mm)
 n = Jumlah baut

Setelah memperoleh nilai tegangan geser baut. Selanjutnya dicari nilai tegangan geser izin baut atau yang biasa disebut tegangan izin yang diperoleh dari hasil tegangan ultimate dengan *safety factor*. Adapun Faktor keamanan (*safety factor*) merupakan faktor yang sering digunakan dalam mengevaluasi keamanan dari suatu elemen agar sebuah desain terjamin keamanannya dengan dimensi yang minimum [6]. Nilai faktor keamanan yang dipersyaratkan disesuaikan dengan kondisi benda dan beban yang akan mengenai benda tersebut. Beban dapat berupa beban kejut, beban dinamis, dan beban statis. Faktor keamanan dapat didasarkan pada salah satu batas tegangan tarik maksimum atau tegangan luluh dari material. Faktor keamanan berfungsi untuk menghindari suatu kegagalan dan menentukan layak atau tidaknya alat yang dibuat untuk dioperasikan [7]. Untuk mengetahui tegangan yang diizinkan dapat dihitung menggunakan persamaan :

$$\sigma_{izin} = \frac{\sigma_{ultimate}}{FS}$$

Keterangan :

σ izin = Tegangan izin
 σ_t = Tegangan ultimate
 FS = Faktor keamanan

Setelah itu dilakukan perancangan sistem kontrol dengan menggunakan rangkaian *reverse/forward*. Sistem kontrol dirancang menggunakan komponen komponen penunjang seperti *toogle switch*, *photoelectric*, relay dan motor dc. Motor Listrik DC adalah suatu perangkat yang mengubah energi listrik menjadi energi kinetik atau gerakan (*motion*) yang berfungsi sebagai penggerak utama [8]. Motor dc sebagai penggerak utama membutuhkan daya listrik yang memadai. Daya listrik merupakan jumlah energi listrik yang dihasilkan atau diserap pada sebuah rangkaian listrik. Daya listrik dapat dihasilkan dari sebuah sumber energi listrik atau pembangkit listrik [9]. Untuk menghitung besar pasokan daya listrik yang diterima motor dc dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$P = V \times I$$

Keterangan :

P = Daya listrik (Watt).

V = Tegangan listrik (Volt)

I = Arus listrik (Ampere)

Sedangkan perancangan alat ukur juga diperlukan untuk mentransformasikan suatu benda atau suatu kejadian tersebut secara kualitatif dan kuantitatif agar dapat diterima oleh indra manusia. Perancangan alat ukur yang digunakan berfungsi untuk mengukur lebar *teratment* [10]. Alat ukur dibuat menggunakan mikrokontroler arduino uno sebagai pemrosesan datanya. Mikrokontroler adalah suatu alat pengontrol atau komponen pengontrol yang berukuran mikro atau kecil. Karena ukurannya yang lebih kecil, mikrokontroler digunakan pada pemrosesan data yang lebih sederhana dibandingkan PC karena kapasitas pemrosesan dan penyimpanannya lebih terbatas [11]. Terdapat inputan yang diterima oleh Arduino uno yaitu adaptor 5v sebagai input daya. sensor ultrasonik berfungsi sebagai input data. Sensor ultrasonik adalah sensor yang berfungsi untuk mengubah besaran fisis (bunyi) menjadi besaran listrik dan sebaliknya [9]. Setelah Arduino memproses kedua inputan tersebut kemudian didapatkan output berupa nilai hasil pengukuran yang tertampil pada layar LED.

Setelah rancang bangun selesai, langkah selanjutnya adalah melakukan analisa REBA (*Rapid Entire Body Assessment*). REBA merupakan salah satu metode yang diperkenalkan oleh Dr. Sue Hignett dan Dr. Lynn Mc Atamney dan diterbitkan dalam *Applied Ergonomics* pada tahun 2000, dapat digunakan secara cepat untuk menilai postur tubuh, leher, punggung, lengan, pergelangan tangan, dan kaki pekerja [12].

Hal pertama yang dilakukan adalah mengumpulkan data mengenai postur kerja operator *Topping Calender* saat melakukan proses pengukuran saat sebelum dan setelah terdapat alat bantu pengukuran lebar *treatment* berupa foto. Hasil dokumentasi selanjutnya akan dibuat sudutnya sesuai dengan kaidah REBA. Langkah selanjutnya adalah menentukan berat beban, pergelangan (*coupling*), aktivitas kerja yang dilakukan serta skor akhir REBA.

Analisa yang berikutnya adalah Stopwatch Time Study. Stopwatch Time Study merupakan pengukuran waktu kerja menggunakan jam henti diperkenalkan Frederick W. Taylor pada abad ke-19.

Metode ini baik untuk diaplikasikan pada pekerjaan yang singkat dan berulang (*repetitive*) [13]. Dari hasil pengukuran akan diperoleh waktu baku untuk menyelesaikan suatu siklus pekerjaan yang akan dipergunakan sebagai waktu standar penyelesaian suatu pekerjaan bagi semua pekerja yang akan melaksanakan pekerjaan yang sama.

Melakukan metode stopwatch time study diawali dengan menguraikan pekerjaan kedalam elemen pekerjaan, kemudian mengambil data waktu pada tiap elemen pekerjaan yang dilakukan. Data yang telah terkumpul akan dilakukan pengujian data berupa uji keseragaman data dan uji kecukupan data. Data yang sudah sesuai kriteria dilakukan perhitungan waktu siklus. Waktu siklus adalah waktu penyelesaian rata-rata selama pengukuran, rumusnya adalah sebagai berikut.

$$Ws = \frac{\sum X_j}{N}$$

Keterangan :

Ws = Waktu siklus

Xj = Data ke-j

N = Jumlah data

Selanjutnya menentukan faktor penyesuaian (P) dan waktu normal dengan rumus sebagai berikut.

$$Wn = Ws \times p$$

Keterangan :

Wn = Waktu normal

Ws = Waktu siklus

p = Faktor penyesuaian

Langkah terakhir menentukan faktor kelonggaran (*allowance*) dan waktu baku. Waktu baku adalah waktu yang dibutuhkan untuk mengerjakan atau menyelesaikan suatu aktivitas atau pekerjaan oleh tenaga kerja yang wajar pada situasi dan kondisi yang normal. Adapun rumus dari waktu baku adalah sebagai berikut.

$$Wb = Wn (1 + allowance)$$

Keterangan :

Wb = Waktu baku

Wn = Waktu normal

Analisis terakhir adalah analisa Uji-T Berpasangan (*Paired T-Test*). Merupakan salah satu metode pengujian hipotesis dimana data yang digunakan tidak bebas (berpasangan). Ciri-ciri yang paling sering ditemui pada kasus yang berpasangan adalah satu individu (objek penelitian) dikenai 2 buah perlakuan yang berbeda. Walaupun menggunakan individu yang sama, peneliti tetap memperoleh 2 macam data sampel, yaitu data dari perlakuan pertama dan data dari perlakuan kedua. Hipotesis dari kasus ini dapat ditulis :

H_0 : Tidak ada perbedaan waktu proses pengukuran lebar treatment antara sebelum dan setelah terdapat alat bantu pengukuran.

H_1 : Terdapat perbedaan waktu proses pengukuran lebar treatment antara sebelum dan setelah terdapat alat bantu pengukuran.

Rumus uji T-test berpasangan adalah :

$$t_{hitung} = \frac{\bar{D}}{\frac{SD}{\sqrt{n}}}$$

Perlu diingat juga rumus :

$$SD = \sqrt{Var}$$

$$Var(S)^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2$$

Keterangan :

t = Nilai t_{hitung}

$\bar{D}$ = Rata-rata selisih pengukuran 1 dan 2

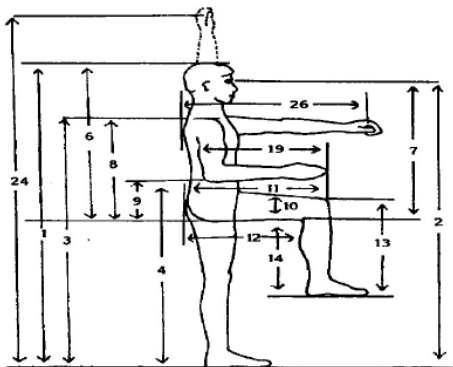
SD = Standar deviasi selisih pengukuran 1 dan 2

n = Jumlah sampel

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Antropometri

Analisa pendekatan antropometri untuk penelitian ini adalah untuk menentukan tinggi display pada alat bantu pengukuran. Partisipan penelitian adalah operator DCL berjumlah 28 orang yang terbagi atas 4 Group 3 Shift (4G3S) yang diukur dimensi tubuhnya, yaitu tinggi dari mata hingga ujung kaki (dimensi 2) yang ditunjukkan pada Gambar 7 berikut.



Gambar 7. Dimensi 2
(Sumber : Nurmianto, 2008)

Selanjutnya dilakukan pengambilan data dimensi 2 dan pengujian data. uji kecukupan data menggunakan Software Microsoft Excel 2016 dengan hasil cukup. Uji normalitas data

Kolmogorov-Smirnov menggunakan Software Minitab 18 dengan nilai P-value sebesar 0,064, nilai tersebut lebih besar dari 0,05, yang artinya data tersebut dianggap berdistribusi normal. Terakhir, uji keseragaman data menggunakan Software Minitab 18, diperoleh nilai BKA sebesar 176,67 dan BKB sebesar 143,72. Data tersebut dinyatakan seragam karena seluruh data berada diantara BKA dan BKB.

Pengolahan data menggunakan persentil 5 karena mengikuti dimensi tubuh operator terkecil. Perhitungan berdasarkan Tabel Didapatkan hasil rancangan tinggi display sebesar 151 cm.

B. Perhitungan Tegangan Geser Izin Baut

Pada penelitian ini baut yang digunakan untuk menyambungkan antar komponen alat adalah baut dengan ukuran M8 dan M3. Material yang digunakan kedua baut adalah *stainless steel 304* dengan nilai tegangan tarik *ultimate* ($\sigma_{ultimate}$) sebesar 505 Mpa atau sama dengan 505 N/mm². Jenis pembebanan yang terjadi pada alat ini adalah pembebanan *steady load* dengan nilai *safety factor* bernilai 4. Tegangan yang baut yang diizinkan dapat dihitung menggunakan persamaan (2.12) :

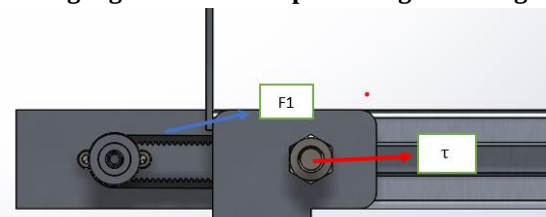
$$\sigma_{izin} = \frac{\sigma_{ultimate}}{FS}$$

$$\sigma_{izin} = \frac{505 \text{ N/mm}^2}{4}$$

$$\sigma_{izin} = 126,25 \text{ N/mm}^2$$

Berdasarkan perhitungan diatas tegangan geser baut yang diizinkan bernilai 126,25 N/mm²

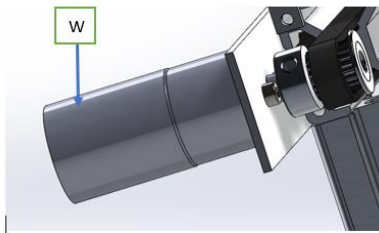
C. Tegangan Geser Baut pada Pengunci Rangka



Gambar 8 Ilustrasi Tegangan Geser pada Pengunci Rangka2
(Sumber : Kajian Penulis, 2021)

Berdasarkan Gambar 8 tegangan tarik pada sisi kencang ditunjukkan oleh tanda panah biru dan tegangan geser baut (τ) ditunjukkan oleh tanda panah merah. Setelah dilakukan perhitungan gaya tarik pada sisi kencang (F1) sebesar 2,356 N. Pada perancangan ini baut yang digunakan berdiameter 8 mm dan nilai dari tegangan tarik baut pada pengunci rangka sebesar 0,023 N/mm².

D. Tegangan Geser Baut pada Pengikat Motor

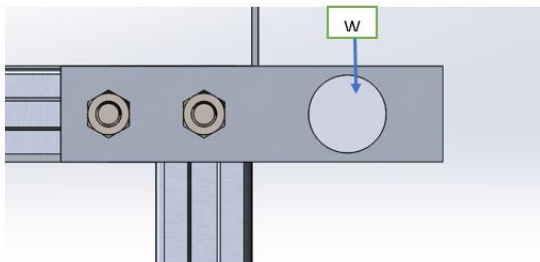


Gambar 9 Ilustrasi Tegangan Geser pada Pengikat Motor

(Sumber : Kajian Penulis, 2021)

Berdasarkan Gambar 9 pembebanan ditunjukkan oleh tanda panah berwarna biru. Diketahui massa motor adalah 180gram atau 0,18 KG dan baut yang digunakan untuk pengikat motor menggunakan baut M3. Setelah dilakukan perhitungan diperoleh nilai berat dari motor sebesar 1,76 N. baut yang digunakan untuk pengikat motor berjumlah 2 dan diperoleh nilai tegangan tarik setiap baut pada pengikat motor setiap baut adalah 0,0062 N/mm².

E. Tegangan Geser Baut pada Bracket Motor



Gambar 10 Ilustrasi Tegangan Geser Baut pada Bracket Motor

(Sumber : Kajian Penulis, 2021)

Berdasarkan Gambar 10 pembebanan ditunjukkan oleh tanda panah berwarna biru. Pada perancangan ini baut yang digunakan untuk mengikatudukan motor pada rangka menggunakan 2 buah baut dengan ukuran M8. Selanjutnya dilakukan perhitungan berat keseluruhan yang ditopang *bracket* motor, meliputi: berat motor, berat baut pengikat motor, berat *timing pulley* dan diperoleh nilai sebesar 1,83967 N. Setelah dilakukan perhitungan maka diperoleh nilai dari tegangan tarik pada *bracket* motor setiap baut adalah 0,00915 N/mm².

Perhitungan yang didapat kemudian akan dibuat data tabel untuk membandingkan beban aktual dan beban maksimal pada alat kita dapat mengetahui apakah alat yang dibuat layak untuk digunakan atau tidak. Berikut merupakan

Pembebanan yang terjadi pada Sambungan Baut yang ditunjukkan pada tabel 4.

Tabel 4 Pembebanan Sambungan Baut

No	Komponen	Tegangan Geser Diizinkan (N/mm ²)	Tegangan Geser Aktual (N/mm ²)	Keterangan
1	Sambungan Baut pada Pengunci Rangka	126,25	0,023	Aman
2	Sambungan Baut pada Pengikat Motor	126,25	0,0062	Aman
3	Sambungan Baut pada Bracket Motor	126,25	0,00915	Aman

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan pada kekuatan sambungan baut yang mana menunjukkan bahwa tegangan geser aktual yang terjadi pada alat tidak melebihi dari tegangan geser yang diizinkan sehingga alat dapat dinyatakan aman untuk digunakan.

F. Pembahasan Sistem Kontrol Motor DC

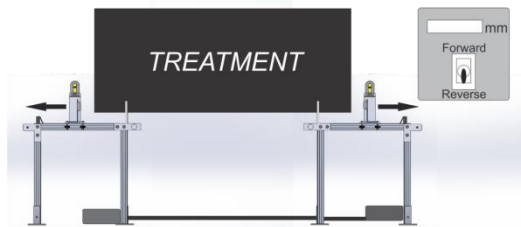
Prinsip kerja sistem kontrol yang dibuat yaitu saat *toggle switch* diarahkan kearah *forward* maka motor 1 akan bergerak berlawanan arah jarum jam dan motor 2 akan bergerak searah jarum jam sehingga pergerakan kedua kedudukan sensor akan mengarah ke tengah dan akan berhenti sampai sensor *photoelectric* mendeteksi objek ujung *treatment*. Seperti ilustrasi yang dapat dilihat pada Gambar 11.



Gambar 11. Ilustrasi Cara Kerja Sistem Kontrol Motor DC pada Saat Posisi *Forward*.

(Sumber : Kajian Penulis, 2021)

Sebaliknya ketika *toogle switch* diarahkan kearah *reverse* maka motor 1 akan bergerak searah jarum jam dan motor 2 akan bergerak berlawanan arah jarum jam sehingga pergerakan *gantry* akan mengarah ke pinggir menjauhi objek *treatment* dan akan berhenti sampai *gantry* mengenai *limit switch*. Seperti ilustrasi yang dapat dilihat pada Gambar 12.

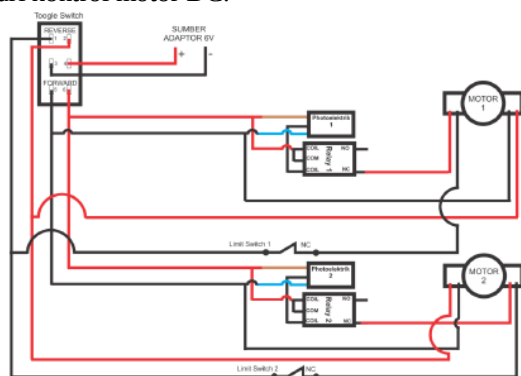


Gambar 12. Ilustrasi Cara Kerja Sistem Kontrol Motor DC pada Saat Posisi *Reverse*.
(Sumber : Kajian Penulis, 2021)

G. Wiring Diagram Sistem Kontrol Motor DC

Ketika posisi saklar diarahkan kearah *forward*, kutub positif motor 1 akan terhubung dengan kutub positif dari *toogle switch* dan kutub negatif motor 1 akan terhubung dengan kutub negatif dari *toogle switch*. Hal ini yang menyebabkan pergerakan motor berlawanan arah jarum jam. Sedangkan kutub positif motor 2 akan terhubung dengan kutub negatif dari *toogle switch* dan kutub negatif motor 2 akan terhubung dengan kutub positif dari *toogle switch* hal ini yang menyebabkan pergerakan motor searah jarum jam.

Hal sebaliknya terjadi ketika posisi saklar diarahkan kearah *reverse*, pergerakan motor 1 searah jarum jam. Dan pergerakan motor 2 berlawanan arah jarum jam. Dari Gambar 13 dapat dilihat *wiring diagram* dari kontrol motor DC.



Gambar 13. *Wiring Diagram* Sistem Kontrol Motor DC
(Sumber : Kajian Penulis, 2021)

H. Perhitungan Daya Listrik Motor DC

Adaptor yang digunakan pada sistem kontrol penelitian kali ini memiliki spesifikasi tegangan dan

arus sebesar 6 volt dan 1,2 ampere. daya maksimal dua buah motor DC yang digunakan yaitu sebesar 2,2 watt. Besar *supply* daya listrik yang diberikan adaptor terhadap motor DC dapat dihitung menggunakan persamaan (2.14) :

Diketahui :

I adaptor = 1.2 Ampere

V adaptor = 6 Volt

Ditanyakan:

Psupply adaptor ?

Jawab :

$P_{supply\ adaptor} = I_{adaptor} \cdot V_{adaptor}$

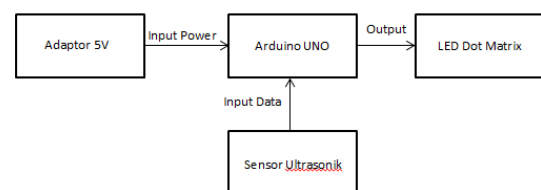
$P_{supply\ adaptor} = 6V \cdot 1,2A$

$P_{supply\ adaptor} = 7,2Watt$

Dari perhitungan diatas pemilihan adaptor dengan spesifikasi sebesar 6 volt dan 1,2 ampere masih memenuhi beban daya listrik dua buah motor DC yang digunakan pada penelitian kali ini. Dari dibuktikannya perhitungan *supply* daya yang diberikan adaptor sebesar 7.2 watt dengan kebutuhan total daya maksimal kedua motor sebesar 2,2 watt.

I. Perancangan Sistem Alat Bantu Pengukuran Lebar *Treatment*

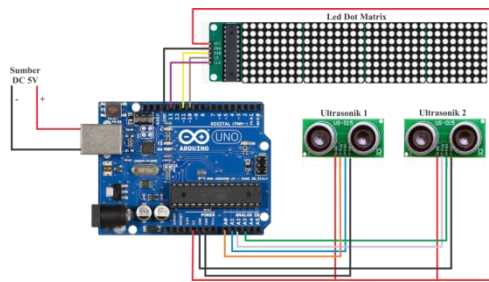
Sistem alat bantu pengukuran lebar *treatment* yang dirancang memiliki beberapa komponen seperti adaptor sebagai sumber tegangan komponen elektrik. *Arduino Uno* sebagai mikrokontroler yang berfungsi untuk pemrosesan data, sensor ultrasonik yang digunakan untuk mengukur jarak, *LED Dot Matrix* untuk menampilkan angka hasil pembacaan sensor dan perhitungan jarak. *Block diagram* dari sistem alat ukur lebar *treatment* yang dibuat dapat dilihat pada Gambar 14.



Gambar 14. *Block Diagram* Alat Ukur Lebar *Treatment*
(Sumber : Kajian Penulis, 2021)

Arduino Uno sebagai mikrokontroler digunakan untuk pemrosesan data yang diterima dari kedua sensor ultrasonik. Setelah didapat data hasil pembacaan jarak dari kedua sensor ultrasonik, kemudian *Arduino Uno* akan menghitung persamaan yang dimasukan pada program *Arduino*. Setelah pemrosesan dan perhitungan selesai, selanjutnya *LED Dot Matrix* akan menampilkan hasil pemrosesan data tersebut. Pada Gambar 42 dapat

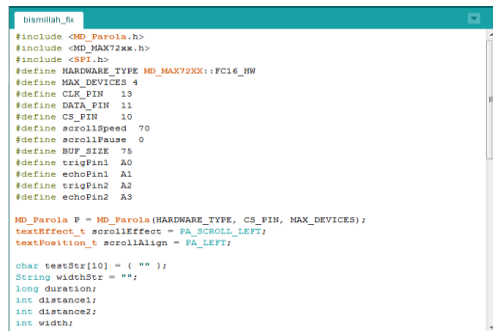
dilihat *wiring diagram* untuk alat bantu pengukuran lebar *treatment*.



Gambar 15. *Wiring Diagram* Alat Ukur Lebar *Treatment*

(Sumber : Kajian Penulis, 2021)

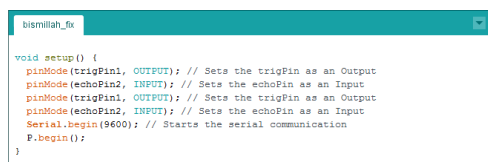
Software Arduino IDE digunakan pada penelitian kali ini untuk memberikan intruksi pada alat yang dirancang. Pada bagian kali ini dibahas program *Arduino* yang digunakan untuk mengukur lebar *treatment*.



Gambar 16. Deklarasi Program Sistem

(Sumber : Kajian Penulis, 2021)

Pada bagian deklarasi program sistem seperti yang dapat dilihat pada Gambar 43 berisi beberapa *library* yang berkaitan dengan penggunaan komponen dan perangkat. Beberapa perintah tersebut antara lain digunakan untuk menghubungkan perangkat layar *LED Dot Matrix*, menyambungkan pin atau *port* pada perangkat, dan menetapkan variable *distance1*, *distance2*, dan *width*, pada tipe data integer.



Gambar 17. Deklarasi program mode pin

(Sumber : Kajian Penulis, 2021)

Pada Gambar 17 berisi mode pin yang digunakan untuk pembacaan sensor ultrasonik. Mode pin *outout* digunakan pada pin trig dikedua sensor ultrasonik sedangkan mode pin *input* digunakan pada pin echo dikedua sensor ultrasonik.



Gambar 18. Program Loop Dan Perhitungan

(Sumber : Kajian Penulis, 2021)

Seperti yang ditampilkan pada Gambar 18 pada bagian *int distance* berfungsi sebagai perhitungan pada pembacaan sensor ultrasonik dengan mengalikan *pulse Time* (waktu tempuh pemancaran gelombang ultrasonik) dengan kecepatan cahaya yaitu sebesar 340 m/s. kemudian hasil tersebut harus dibagi dua karena hasil tersebut merupakan jarak bolak balik pembacaan jarak sensor ultrasonik. Setelah itu dikalikan 0,001 untuk merubah satuan meter menjadi milimeter.

Bagian *void measure* berfungsi untuk mendapatkan nilai jarak dari *distance1* dan *distance2*. Bagian *void loop* berfungsi untuk menjumlahkan jarak dari *distance1*, *distance2* dan jarak rangka1 sampai rangka2 sebesar 907mm.

J. Proses Pengukuran Lebar *Treatment*

Proses pengukuran lebar *treatment* diawali dengan pembacaan jarak pada sensor ultrasonik 1 dan sensor ultrasonik 2. Setelah pembacaan kedua sensor dilakukan kemudian mikrokontroler akan memproses perhitungan lebar *treatment* dengan menjumlahkan jarak pembacaan sensor ultrasonik 1, jarak pembacaan sensor ultrasonik 2, dan jarak antara rangka 1 dan rangka 2 yaitu sebesar 907 mm. setelah ketiga variabel tersebut dijumlahkan kemudian data hasil penjumlahan tersebut akan di tampilkan ke layar *LED Dot Matrix*. Ilustrasi perhitungan jarak tersebut dapat dilihat pada Gambar 46.

K. Uji Perbandingan

Uji perbandingan ini bertujuan untuk mengetahui apakah alat bantu pengukuran yang dirancang sudah sesuai alat ukur yang sudah dikalibrasi. Alat ukur meteran digunakan untuk membanding nilai pengukuran. Hasil dari uji perbandingan dengan menampilkan nilai *error* yang dapat dihitung menggunakan persamaan (2.15) Hasil data perhitungan nilai *error* dapat dilihat pada Tabel 40.

Tabel 5. Nilai *Error* Perbandingan Nilai Meteran dengan alat bantu pengukuran yang dirancang

NO	Alat bantu yang dirancang(mm)	Meteran (mm)	Selisih (mm)	% Nilai Error(mm)	Nilai toleransi (mm)
1	1452	1457	5	0,344%	10
2	1455	1458	3	0,206%	10
3	1458	1459	1	0,069%	10
4	1458	1459	1	0,069%	10
5	1454	1459	5	0,344%	10
6	1458	1458	0	0,000%	10
7	1458	1459	1	0,069%	10
8	1458	1462	4	0,274%	10
9	1458	1460	2	0,137%	10
10	1458	1458	0	0,000%	10
11	1452	1458	6	0,413%	10
12	1456	1458	2	0,137%	10
13	1458	1458	0	0,000%	10
14	1459	1458	1	0,069%	10
15	1454	1459	5	0,344%	10
Rata-rata	1456,4	1458,7	2,4	0,165%	10

(Sumber : Kajian Penulis, 2021)

Dari hasil uji nilai *error* berikut didapatkan nilai rata-rata *error* sebesar 0,165% dan rata-rata selisih antara nilai meteran dengan alat bantu pengukuran yang dirancang sebesar 2,4 mm hal ini sudah dapat dikatakan berhasil karena nilai toleransi yang ditetapkan pada pengukuran lebar *treatment* sebesar ± 10 mm.

L. Uji Verifikasi

Uji Verifikasi ini bertujuan untuk mengetahui sistem kontrol motor dc dan alat pengukuran dapat berfungsi sesuai dengan yang telah direncanakan. Jika dalam uji verifikasi ini masih terdapat masalah pada sistem kontrol motor DC atau alat pengukuran, maka akan dilakukan perbaikan terhadap kontrol motor DC atau alat pengukuran tersebut. Hasil uji verifikasi dapat dilihat pada Tabel 6. Berikut ini.

Tabel 6. Uji Verifikasi Alat Kontrol Suhu

Pengujian Alat Pengukuran	Hasil Yang Diharapkan	Jumlah Percobaan	Keterangan
Toogle switch diarahakan kearah <i>forward</i>	Motor 1 bergerak berlawanan arah jarum jam dan motor 2 bergerak searah jarum jam.	5	100%

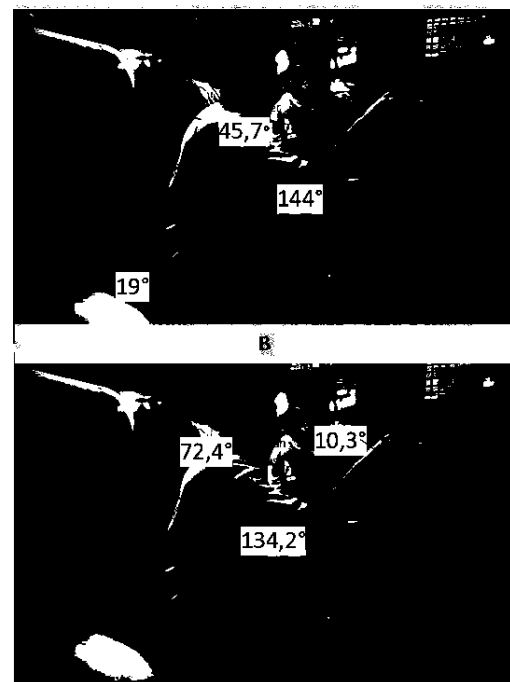
Kedua sensor photoelektrik mendeteksi objek (ujung <i>treatment</i>)	Motor 1 dan motor 2 berhenti saat posisi <i>forward</i>	5	100%
Toogle switch diarahakan kearah <i>reverse</i>	Motor 1 bergerak searah jarum jam dan motor 2 bergerak berlawanan arah jarum jam.	5	100%
Kedua limit switch terkena gantry.	Motor 1 dan motor 2 berhenti saat posisi <i>reverse</i>	5	100%
Arduino uno diberi sumber tegangan listrik	Perangkat alat ukur berfungsi dan LED Dot Matrix menampilkan nilai jarak	5	100%

(Sumber : Kajian Penulis, 2021)

Pada Tabel 40 Membuktikan alat bantu pengukuran yang dirancang berhasil dilakukan dengan percobaan sebanyak 5 kali dan sudah dapat digunakan dengan baik. Dari hasil uji verifikasi pada Tabel 41 membuktikan alat bantu pengukuran yang dirancang berhasil dilakukan dengan percobaan sebanyak 5 kali dan sudah dapat digunakan dengan baik.

M. REBA (Rapid Entire Body Assessment)

Hasil analisa REBA saat sebelum terdapat alat bantu pengukuran dijelaskan pada Gambar 19 Dan Tabel Berikut.



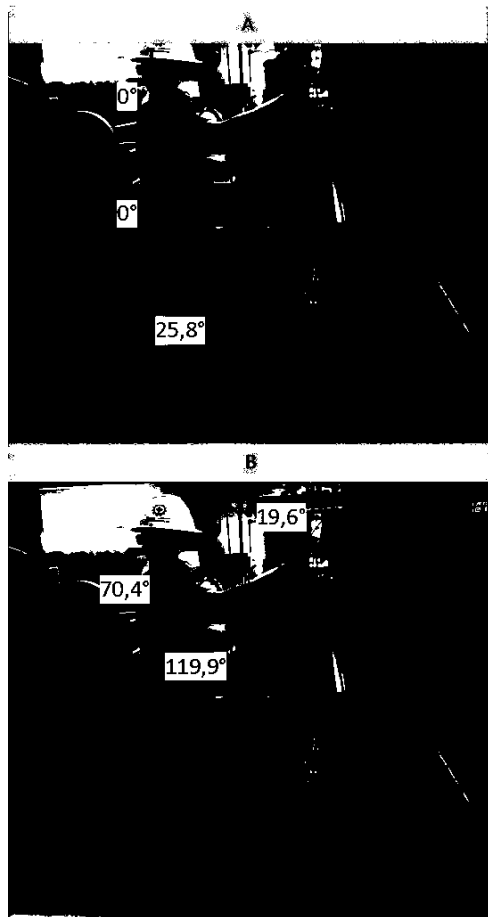
Gambar 19 Proyeksi Sudut Postur Kerja Operator Sebelum Terdapat Alat Bantu Pengukuran
(Sumber : Hasil Kajian Penulis, 2021)

Tabel 7 Hasil Data REBA

No.	Kategori	Sudut	Skor
1.	Leher	45,7°	2
2.	Badan	19°	2
3.	Kaki	144°	4
4.	Beban	<11 lbs	0
5.	Lengan Atas	72,4°	3
6.	Lengan Bawah	134,2°	2
7.	Pergelangan Tangan	10,3°	1
8.	Genggaman	Baik	0
9.	Aktivitas	-	0
Nilai REBA		7	
Level Resiko		Sedang	
Tindakan Perbaikan		Perlu tindakan pemeriksaan dan perubahan perlu dilakukan	

(Sumber : Hasil Kajian Penulis, 2021)

Selanjutnya, hasil analisa REBA saat setelah terdapat alat bantu pengukuran dijelaskan pada Gambar 20 Dan Tabel 20 Berikut.



Gambar 20 Proyeksi Sudut Postur Kerja Operator Setelah Terdapat Alat Bantu Pengukuran
(Sumber : Hasil Kajian Penulis, 2021)

Tabel 8 Hasil Data REBA

No.	Kategori	Sudut	Skor
1.	Leher	0°	1
2.	Badan	0°	1
3.	Kaki	25,8°	1
4.	Beban	<11 lbs	0
5.	Lengan Atas	70,4°	3
6.	Lengan Bawah	119,9°	2
7.	Pergelangan Tangan	19,6°	2
8.	Genggaman	Baik	0
9.	Aktivitas	-	0
Nilai REBA		3	
Level Resiko		Rendah/Kecil	
Tindakan Perbaikan		Mungkin diperlukan pemeriksaan lanjutan	

(Sumber : Hasil Kajian Penulis, 2021)

N. Stopwatch Time Study

Hasil analisa stopwatch time study saat sebelum terdapat alat bantu pengukuran dijelaskan sebagai berikut.

Tabel 9 Elemen Kerja Sebelum Terdapat Alat Bantu Pengukuran

Elemen Kerja	Keterangan
A	Mematikan motor <i>big roll</i> dan mengambil <i>roll</i> meter di meja operator.
B	Melakukan proses pengukuran.
C	Menyalakan motor <i>big roll</i> dan menaruh <i>roll</i> meter di meja operator.

(Sumber : Hasil Kajian Penulis, 2021)

Langkah selanjutnya melakukan pengujian data berupa uji keseragaman data dan uji kecukupan data. Uji keseragaman data pada elemen kerja A, B dan C sebelum terdapat alat bantu, data tersebut dinyatakan seragam karena seluruh data berada diantara BKA dan BKB.

Uji kecukupan menggunakan Software Microsoft Excel 2016 pada elemen kerja A, B, dan C sebelum terdapat alat bantu dengan hasil cukup.

Tabel 10 Hasil Pengolahan Data Stopwatch Time Study Sebelum Terdapat Alat Bantu Pengukuran

Elmen Kerja	Ws (dtk)	P	Wn (dtk)	Allow. (%)	Wb (dtk)
A	8,63	1,21	10,45	30	13,58
B	5	1,21	6,05	30	7,87
C	8,63	1,21	10,45	30	13,58
Total	22,27	3,63	26,94	90	35,03

(Sumber : Hasil Kajian Penulis, 2021)

Hasil analisa stopwatch time study saat setelah terdapat alat bantu pengukuran dijelaskan sebagai berikut.

Tabel 11 Elemen Kerja Sebelum Terdapat Alat Bantu Pengukuran

Elemen Kerja	Keterangan
A	Menggeser saklar kearah <i>forward</i> .
B	Membaca hasil pengukuran dan menggeser saklar kearah <i>reverse</i> .

(Sumber : Hasil Kajian Penulis, 2021)

Langkah selanjutnya melakukan pengujian data berupa uji keseragaman data dan uji kecukupan data. Uji keseragaman data pada elemen kerja A dan B setelah terdapat alat bantu, data tersebut dinyatakan seragam karena seluruh data berada diantara BKA dan BKB.

Uji kecukupan menggunakan Software Microsoft Excel 2016 pada elemen kerja A dan B setelah terdapat alat bantu dengan hasil cukup.

Tabel 13 Hasil Pengolahan Data Stopwatch Time Study Setelah Terdapat Alat Bantu Pengukuran

Elmen Kerja	Ws (dtk)	P	Wn (dtk)	Allow. (%)	Wb (dtk)
A	3,77	1,11	4,18	30	5,44
B	3,50	1,11	3,89	30	5,05
Total	7,27	2,22	8,07	90	10,49

(Sumber : Hasil Kajian Penulis, 2021)

O. Uji T-Berpasangan

Data waktu sebelum dan setelah terdapat alat bantu pengukuran dilakukan pengujian data berupa uji normalitas data. Data sebelum terdapat alat bantu pengukuran memiliki nilai P-Value sebesar 0,06 lebih besar dari 0,05, maka data tersebut berdistribusi normal. Data setelah terdapat alat bantu pengukuran memiliki nilai P-Value sebesar 0,07 lebih besar dari 0,05, maka data tersebut berdistribusi normal.

Kemudian dilakukan pengolahan Uji T-Berpasangan dengan menggunakan Software Minitab dengan hasil bahwa $T_{hitung} > T_{tabel}$ dengan nilai $30,68 > 2,04523$ maka H_0 ditolak, yang berarti terdapat perbedaan waktu proses pengukuran lebar *treatment* antara sebelum dan setelah terdapat alat bantu pengukuran.

IV. Kesimpulan

1. Tegangan geser aktual yang terjadi pada alat tidak melebihi dari tegangan geser yang diizinkan.
2. Nilai rata-rata persentase error yang dihasilkan sebesar 0,165% dengan nilai rata-rata selisih 2,4 mm, nilai tersebut memenuhi toleransi yang ditetapkan pada MTS pengukuran sebesar ± 10 mm
3. Terdapat perbedaan dalam hal nilai postur karyawan sebelum dan setelah menggunakan alat bantu pengukuran lebar *treatment Topping*

Calender Plant X yang telah dibuat menurut REBA. Posisi awal pekerja pada saat melakukan kegiatan pengukuran lebar *treatment* secara manual memiliki nilai REBA sebesar 7. Setelah adanya alat bantu pengukuran lebar *treatment*, nilai REBA menjadi sebesar 3. Terjadi penurunan nilai sebanyak 4.

4. Terdapat perbedaan dalam hal waktu baku sebelum dan setelah menggunakan alat bantu pengukuran lebar *treatment Topping Calender Plant X* yang telah dibuat dengan metode *Stopwatch Time Study*. Waktu baku proses pada saat melakukan kegiatan pengukuran lebar *treatment* secara manual selama 35,025 detik per satu kali pengukuran. Setelah menggunakan alat bantu pengukuran

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. L. Sutarto, "Analisa Pengaruh Distribusi Berat Terhadap Pemakaian Ban Pada Honda Beat FI," vol. 01, no. 03, pp. 4–15, 2016.
- [2] M. Yusuf, *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan Penelitian Gabungan*, Edisi I. Jakarta: KENCANA, 2013.
- [3] S. Wignjosoebroto, *Ergonomi, Studi Gerak dan Waktu : Teknik Analisis untuk Peningkatan Produktifitas Kerja*, Edisi I. Jakarta: Guna Widya, 2008.
- [4] I. . Z. Sitalaksana, *Teknik Perancangan Sistem Kerja*, Edisi II. Bandung: Penerbit ITB, 2008.
- [5] J. K. Khurmi, R.S., Gupta, *A Textbook Of Machine Design*, I., no. I. New Delhi: EURASIA PUBLISHING HOUSE (PVT.) LTD., 2005.
- [6] L. A. N. Wibawa, "Desain dan Analisis Tegangan Alat Pengangkat Roket Kapasitas 10 Ton Menggunakan Metode Elemen Hingga," *J. Energi dan Teknol. Manufaktur*, vol. 2, no. 01, pp. 23–26, 2019, doi: 10.33795/jetm.v2i01.31.
- [7] L. A. N. Wibawa, "Pengaruh Pemilihan Material Terhadap Kekuatan Rangka Main Landing Gear Untuk Pesawat UAV," *J. Teknol. Dan Terap. Bisnis*, vol. 2, no. 1, pp. 48–52, 2019.
- [8] N. R. Wibowo, "Rancang Bangun Sistem Kendali Kecepatan Motor DC Sebagai Media Pembelajaran Praktikum Sistem Kendali Menggunakan Labview," *JST (Jurnal Sains Ter.)*, vol. 6, no. 2, 2020, doi: 10.32487/jst.v6i2.775.

-
- [9] I. F. Astuti, A. N. Manoppo, and Z. Arifin, "Sistem Peringatan Dini Bahaya Banjir Kota Samarinda Menggunakan Sensor Ultrasonic Berbasis Mikrokontroler Dengan Buzzer Dan SMS," *Sebatik*, vol. 22, no. 1, pp. 30–34, 2018, doi: 10.46984/sebatik.v22i1.209.
- [10] Riskawati, Nurlina, and R. Karim, *Alat Ukur dan Pengukuran*, VIII., no. October. Makassar: LPP UNISMUH MAKASSAR, 2019.
- [11] E. P. Sitohang, D. J. Mamahit, and N. S. Tulung, "Rancang Bangun Catu Daya Dc Menggunakan Mikrokontroler Atmega 8535," *J. Tek. Elektro dan Komput.*, vol. 7, no. 2, pp. 135–142, 2018.
- [12] F. Sulaiman and Y. P. Sari, "Analisis Postur Kerja Pekerja Proses Pengesahan Batu Akik Dengan Menggunakan Metode REBA," *J. Optim.*, vol. 1, no. 1, pp. 32–42, 2018, doi: 10.35308/jopt.v1i1.167.
- [13] R. Afiani and D. Pujotomo, "Penentuan Waktu Baku Dengan Metode Stopwatch Time Study Studi Kasus CV. Mans Group," *Jur. Tek. Ind.*, vol. 6, no. 3, p. 30, 2017.