



PENGEMBANGAN PERANGKAT LUNAK METODE RULA SECARA DIGITAL UNTUK MEMUDAHKAN PENILAIAN ERGONOMI RESIKO KERJA

Benedikta Anna Haulian Siboro, Annisa Purbasari

^{1,2}Program Studi Teknik Industri, Universitas Riau Kepulauan Batam
Jl. Batu Aji Baru, Batam, Kepulauan Riau
Email: anna@ft.unrika.ac.id¹, anice_nisa@yahoo.com²

ABSTRAK

Ergonomi berupaya menyeimbangkan antara segala fasilitas yang digunakan baik dalam beraktivitas maupun istirahat dengan segala kemampuan dan keterbatasan manusia baik secara fisik, maupun mental. Umumnya penilaian ergonomi dengan metode RULA (*Rapid Upper Limb Assessment*) masih menggunakan *checksheet* sehingga membutuhkan waktu untuk menentukan resiko kerja tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan perangkat lunak secara digital yang dapat digunakan untuk memudahkan penilaian resiko kerja terhadap suatu aktivitas kerja manusia dengan beban, lamanya kerja, perulangan aktivitas dan lain-lain dengan metode *assessment* adalah RULA. Penelitian ini dilakukan terhadap 80 mahasiswa Teknik Industri UNRIKA dengan membandingkan penggunaan tabel RULA *check sheet/form* dengan perangkat lunak RULA dan dilakukan pengujian validitas dan reliabilitas. Hasil menunjukkan MAD (*Mean Absolute Deviation*) pengukuran digital pada penelitian ini sebesar 0,040. Hal ini disebabkan oleh adanya perbedaan sudut antara posisi normal dan persimpangan sudutnya pada saat *assessment* dengan *check sheet/form* dan perangkat lunak, sehingga membuat responden meragukan penilaian postur terutama pada bagian tubuh dan pergelangan tangan. Selain itu, TEM (*Technical error of measurements*) hasil pengukuran digital tidak berbeda secara signifikan dengan TEM hasil pengukuran langsung walaupun TEM hasil penilaian dengan *check sheet/form* masih lebih baik dibanding dengan menggunakan perangkat lunak. Rata-rata TEM semua area penilaian RULA untuk semua subjek ukur adalah 0,026 untuk dua set penilaian digital dan 0,028 untuk dua set penilaian *check sheet/form*.

Kata Kunci: RULA, MAD, TEM, *checksheet*, perangkat lunak

ABSTRACT

Ergonomics tried to balance all facilities used both in activity and rest with all the abilities and limitations of humans physically and mentally. Generally, the ergonomic assessment with method RULA (Rapid Upper Limb Assessment) still uses a check sheet so that it takes time to determine the risk of work. This study aims to develop digital software that can be used to facilitate the assessment of work risks to a human work activity with a load, time of work, repetition of activities and others with the assessment method is RULA. This research was conducted by 80 UNRIKA Industrial Engineering students and compared between manual RULA tables and RULA software and testing validity and reliability. The results show the MAD in this research is 0.040. This is caused by the difference in angle between the normal position and the angle crossing when assessment with check sheets and software, thus making respondents doubt to assess especially on the body and wrist. In addition, TEM digital assessment results are not significantly different from TEM check sheet/form assessment results even though TEM check sheet measurement results are better than using software. The average TEM of all RULA assessment areas for all measuring subjects was 0.026 for two sets of digital assessments and 0.028 for two sets of check sheet/form assessments.

Keywords: RULA, MAD, TEM, check sheet/form, software



PENDAHULUAN

Ergonomi berkaitan dengan penerapan informasi tentang perilaku manusia, kemampuan dan keterbatasan untuk desain sistem, mesin, peralatan, tugas / pekerjaan, lingkungan, dan lain-lain. Dalam penerapannya, ergonomi ditemukan pada mesin ergonomis, rancangan sistem dan fasilitas kerja. Perancangan sistem dan fasilitas kerja tidak serta merta tanpa menggunakan metode analisa. Analisa diperlukan agar solusi yang diberikan dapat tepat sasaran. Banyak ahli ergonomi sudah mengembangkan metode untuk menganalisa masalah yang dihadapi manusia pada saat melakukan aktivitas sehingga dapat menilai (assess) apakah postur tubuh dan aktivitas yang dilakukan tidak berpengaruh pada kesehatannya. Metode yang biasa dipakai adalah RULA, REBA, OWAS, NBM. Namun saat ini penggunaan metode ini masih manual yaitu menggunakan *form* atau *sheet* yang harus diisi dan diukur secara manual.

Dalam perkembangannya, saat ini telah banyak penelitian yang mengarah pada sistem digital yang diharapkan dengan adanya sistem tersebut dapat lebih mudah dalam menganalisa dan mengambil keputusan dari masalah yang ditemui. Penelitian mengenai pengembangan perangkat lunak untuk penilaian ergonomi di industri manufaktur telah dilakukan oleh Shikdar dkk (Shikdar, Al-Araimi, & Omurtag, 2002) untuk mengidentifikasi masalah ergonomi yang berpotensi terhadap manusia, peralatan, pekerjaan, tempat kerja, lingkungan dan manajemen. Selanjutnya penelitian yang dilakukan oleh Siboro dan Herianto (Siboro & Herianto, 2014) berbasis digital yang memanfaatkan citra dua dimensi untuk perancangan sistem pengukuran antropometri keliling (*circumference*). Pada penelitian ini perancangan telah dilakukan dengan membangun sistem pengukuran berbasis algoritma MATLAB sebagai komponen utamanya dan pencitraan sebagai data input.

KAJIAN LITERATUR

Ergonomi

Seiring dengan perkembangan teknologi, peranan ergonomi dalam menerapkan teknologi

diperlukan untuk menyeimbangkan antara segala fasilitas yang digunakan baik dalam beraktivitas maupun istirahat dengan segala kemampuan, kebolehan dan keterbatasan manusia baik secara fisik, maupun mental sehingga dicapai suatu kualitas hidup secara keseluruhan yang lebih baik (Irdiastadi & Yassierli, 2014). Tujuan utama dari ergonomi adalah upaya memperbaiki performa kerja manusia seperti keselamatan kerja, disamping untuk mengurangi energi kerja yang berlebihan serta mengurangi datangnya kelelahan yang terlalu cepat dan menghasilkan suatu produk yang nyaman, enak di pakai oleh pemakainya, disamping itu diharapkan juga mampu memperbaiki pendayagunaan sumber daya manusia dan meminimalkan kerusakan peralatan yang disebabkan kesalahan manusia (*human errors*).

Penerapan ergonomi pada umumnya merupakan aktifitas rancang bangun atau rancang ulang. Hal ini dapat meliputi perangkat keras seperti misalnya perkakas kerja, bangku kerja, platform, kursi, pegangan alat dan lain-lain.

Banyak penerapan ergonomi yang hanya berdasarkan sekedar "*common sense*" (dianggap suatu hal yang sudah biasa terjadi), hal ini biasanya merupakan kasus dimana ergonomi belum dapat diterima sepenuhnya sebagai alat untuk proses rancangan, akan tetapi masih banyak aspek ergonomi yang tidak dipahami oleh masyarakat awam. Agar mendapatkan suatu perancangan pekerjaan maupun produk yang optimal membutuhkan pendekatan ilmiah dari pada hanya dengan menggunakan "*trial and error*". Menurut Nurmianto (2008) dasar keilmuan dari ergonomi dibagi menjadi:

1. Kinesiologi berhubungan dengan mekanika pergerakan manusia.
2. Biomekanika merupakan aplikasi ilmu mekanika teknik untuk analisis sistem kerangka-otot Manusia.
3. Antropometri menyangkut kalibrasi tubuh manusia.

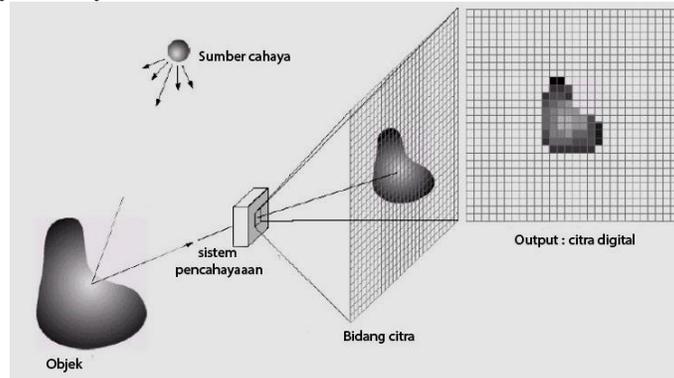
Kekuatan fisik manusia

Manusia adalah salah satu dari organisasi manufaktur sumber daya non-depresiasi yang paling berharga, sehingga

Pencitraan dan Pengolahan Citra Digital

Proses perekaman citra tersebut dimulai dari sumber cahaya menerangi objek sehingga terdapat intensitas cahaya (*brightness*) yang diterima objek (T.Sutoyo, Mulyanto, Suhartono,

Okny Dwi Nurhayati, & Wijanarto, 2009). Intensitas cahaya ini sebagian diserap oleh objek dan sebagian lagi dipantulkan ke lingkungan sekitar. Proses perekaman (akuisisi) citra bisa dilihat pada Gambar 2



Gambar 2 Proses Akuisisi citra

Citra digital terdiri atas *pixel-pixel* yang memiliki suatu nilai. Nilai tersebut lalu diasosiasikan ke dalam suatu warna. Proses asosiasi tersebut memiliki pengaruh paling besar terhadap persepsi orang terhadap citra digital yang ditampilkan, cara komputer membaca dan **Pengolahan Citra**

Pengolahan citra atau image processing (Probandari, 2010) merupakan bentuk pemrosesan sinyal masukan berupa gambar seperti hasil foto atau berupa *frame-frame* video. Keluaran dari pengolahan citra berupa suatu bentuk gambar lainnya atau kumpulan dari karakteristik atau parameter yang berhubungan dengan gambar.

Pengolahan citra di dunia industri banyak digunakan dan dikembangkan dalam *quality inspection*. Pengukuran untuk desain produk ergonomis seperti pengukuran antropometri juga mengaplikasikan pengolahan citra.

Pencitraan Perangkat Lunak dengan MATLAB

Citra dengan representasi spasial objek yang ditulis dalam koordinat kartesian x-y dianggap sebuah matriks yang berisi nilai piksel.

menyimpan citra tersebut, seperti citra RGB yang menyatakan intensitas warna merah, hijau, dan biru.

$$f(x, y) = \begin{bmatrix} f(0,0) & f(0,1) & \dots & f(0, N-1) \\ f(1,0) & f(1,1) & \dots & f(1, N-1) \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ f(M-1,0) & f(M-1,1) & \dots & f(M-1, N-1) \end{bmatrix} \quad (1)$$

Di dalam MATLAB, representasi ini dapat ditulis menjadi:

$$f = \begin{bmatrix} f(1,1) & f(1,2) & \dots & f(1,N) \\ f(2,1) & f(2,2) & \dots & f(2,N) \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ f(M,1) & f(M,2) & \dots & f(M,N) \end{bmatrix} \quad (2)$$

Tiga fungsi dasar pada image processing toolbox MATLAB yang cukup penting meliputi:

1. Membaca file citra
 Perintah MATLAB untuk membace file citra adalah *imread* yang berarti image read. *Output* dari *imread* ini berupa matriks citra.
2. Menampilkan data citra
 Perintah yang dapat digunakan untuk menampilkan data citra adalah *imshow*, *imagesc*, *plot*, dan sebagainya tergantung pemakaian dan kebutuhan. Citra dapat ditampilkan dengan menggunakan GUI pada MATLAB.



3. Memodifikasi data citra
Segala macam algoritma dapat misalnya menghilangkan *noise*, *threshold*, deteksi tepi, *scaling*, perhitungan berkaitan dengan pixel dan sebagainya.

Graphical User Interface (GUI)

Graphical User Interface (GUI) / antarmuka pengguna memiliki beberapa objek grafis seperti tombol (button), kotak teks, slider, sumbu (axes), menu dan sebagainya. Aplikasi GUI lebih mudah dipelajari dan digunakan karena user tidak perlu mengetahui algoritmanya. GUI MATLAB merupakan pemrograman berorientasi visual.

Akurasi dan Reliabilitas

Akurasi model matematis untuk antropometri *circumference digital* yang dirancang dapat ditentukan dengan menganalisis galat yang terjadi antara hasil pengukuran langsung dan hasil pemodelan matematis pada *circumference digital*. Beberapa metode yang dapat digunakan untuk menganalisis galat antara lain (Nasution & Prasetyawan, 2008) yaitu *Mean Absolute Deviation* (MAD) yang mengukur akurasi pengukuran dengan merata-rata nilai absolut dari masing-masing galat.

$$MAD = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |Y_i - \hat{Y}_i| \quad (3)$$

Uji reliabilitas dilakukan untuk memastikan apakah pengukuran yang dilakukan oleh perangkat lunak antropometer digital tersebut konsisten atau stabil. Ada beberapa metode uji reliabilitas, yang dilakukan pada penelitian ini salah satunya adalah test ulang dengan suatu instrumen yang diujicobakan pada suatu kelompok atau individu serta dihitung kembali skor-skornya (Usman & Akbar, 2011). Pada selang beberapa waktu instrument yang sama diujicobakan lagi pada kelompok atau individu yang sama. Analisa yang digunakan untuk uji reliabilitas yaitu *Technical error of measurements* (TEM) yang bertujuan untuk mengetahui seberapa besar error variabilitas pada pengukuran. TEM merupakan cara paling umum dalam pengukuran antropometri dan telah diadopsi oleh *International Society for the Advancement of Kinanthropometry* pada proses akreditasi anthropometrists (Probandari, 2010)

Perhitungan

TEM dilakukan dari hasil pengulangan pengukuran yang dilakukan oleh pengukur (observer) yang sama untuk masing-masing pengukuran digital.

$$TEM = \sqrt{\frac{\sum D^2}{2N}} \quad (4)$$

dimana:

D = selisih antara hasil pengukuran yang diulang.

N = jumlah subjek yang diukur.

Untuk membandingkan reliabilitas pengukuran antar variabel antropometri yang berbeda, direkomendasikan konversi TEM ke TEM relatif (%TEM) dengan

$$\% TEM = \left(\frac{TEM}{\text{mean pengukuran 1 dan 2}} \right) \times 100 \% \quad (5)$$

METODOLOGI PENELITIAN

Objek pada penelitian ini adalah mahasiswa Teknik Industri Universitas Riau Kepulauan Angkatan 2013 – 2017 yang terdaftar dalam kerangka sampel. Objek tidak memiliki cacat fisik. Metode pengambilan sampel menggunakan sistem probabilitas dengan metode simple random sampling. Penelitian dilakukan pada beberapa tahap yang bertujuan untuk menarik kesimpulan terhadap studi dan uji coba alat. Langkah-langkah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Pengambilan Data dan Perancangan Perangkat Lunak
 - a. Pengambilan data pada penelitian ini dibagi dalam dua metode :
 - Pengambilan data ukuran beban kerja, sudut postur tubuh dengan menggunakan alat manual yaitu dengan mengisi *form standar* yang sudah ada (Gambar 1)
 - Pengambilan foto objek dengan menggunakan kamera
 - b. Perancangan Perangkat Lunak
Hal-hal penting yang diperlukan dalam perancangan perangkat lunak adalah :

1. Perancangan *setting* proses adalah penentuan segala sesuatu yang diperlukan pencitraan yang berasal dari gambar seperti latar belakang (*background*), ukuran gambar (*size image*), dan kalibrasi.
 2. Perancangan karakteristik background proses pengukuran yang dipakai sebagai acuan dalam identifikasi *landmark*. Karakteristik yang bisa dipakai sebagai acuan pengukuran berupa *pointer*
2. Pembuatan Algoritma dan GUI *Graphical User Interface* (GUI) dengan perangkat lunak MATLAB dipakai dengan perintah-perintah untuk mengatur setting, karakteristik foto.

Form RULA (gambar 1) disebar kepada 80 mahasiswa dan mahasiswa tersebut melakukan penilaian terhadap sampel aktivitas dengan postur tubuh sebagai berikut:



Gambar 3 Aktivitas Perakitan

Dari 94 mahasiswa yang terdaftar 80 mahasiswa akan diambil secara acak untuk melakukan proses penilaian terhadap aktivitas diatas.

Hasil Pengisian Form RULA

Hasil pengisian form RULA yang diberikan kepada 80 mahasiswa, sebanyak 80 form terisi semua dengan item penilaian mulai dari lengan atas sampai kaki. Berikut ini adalah nilai rata-rata dan standar deviasi yang dihasilkan dari hasil penilaian RULA tersebut:

Tabel 3 Hasil Pengisian *Form* RULA

No.	Area	Jumlah	Rata2	St_dev
1	Lengan atas	160	2	0

HASIL DAN PEMBAHASAN

Jumlah mahasiswa berjumlah 195 mahasiswa dimana 94 mahasiswa sudah mengambil mata kuliah Perencanaan Sistem Kerja dan Ergonomi sehingga dari 94 mahasiswa akan diambil menjadi sampel untuk melakukan penilaian terhadap postur tubuh saat melakukan aktivitas. Salah satu metode yang digunakan untuk menentukan jumlah sampel adalah menggunakan rumus Slovin dengan estimasi batas toleransi kesalahan sebesar 5% maka jumlah sampel yang dibutuhkan adalah :

$$n = \frac{94}{1+94x(0,05)^2} = 80 \text{ mahasiswa}$$

2	Lengan bawah	160	2	0
3	Pergelangan Tangan	225	2,81	0,39
4	Pergelangan Tangan Terpelintir	80	1	0
5	Skor 1-4	240	3	0
6	Otot A	80	1	0
7	Muatan A	0	0	0
8	Skor A	320	4	0
9	Leher	160	2	0
10	Tubuh	105	1,31	0,47
11	Kaki	80	1	0
12	Skor 9-11	160	2	0
13	Otot B	80	1	0
14	Muatan B	0	0	0
15	Skor B	240	3	0
16	Lengan atas	240	3	0

Perancangan Perangkat Lunak

Pengembangan perangkat lunak antropometer digital diberi nama ErAS SofIE yang merupakan singkatan dari *Ergonomic Assessment Software Industrial Engineering*.

Algoritma dan GUI

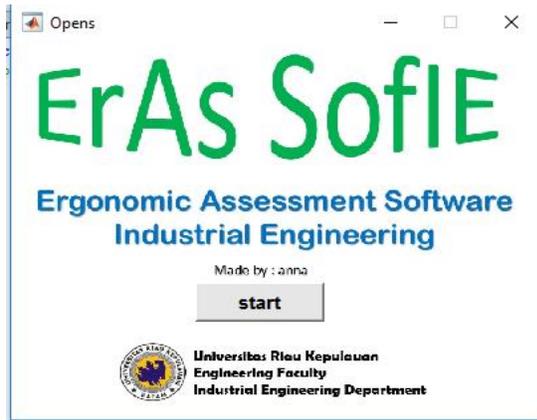
Algoritma yang digunakan dalam perancangan ErAS SofIE menggunakan perangkat lunak Matlab versi 2017a. Tampilan perangkat lunak CAM SofIE berupa GUI



(Graphical User Interface) Matlab yang terdiri dari beberapa jendela, yaitu:

1. Jendela *Welcome*

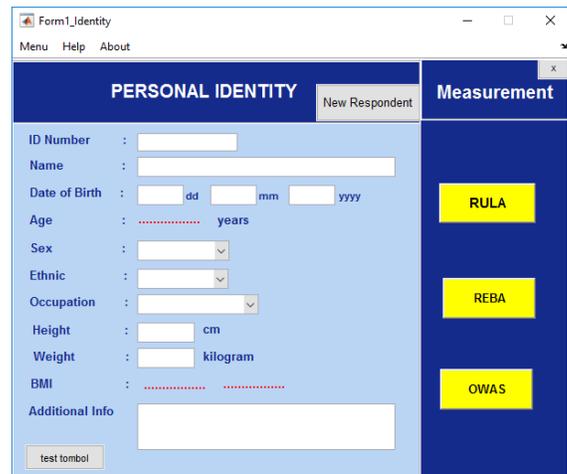
Jendela ini juga berisi informasi tentang versi dan perancangan perangkat lunak ErAS SofIE. Jendela ini ditunjukkan pada Gambar 4



Gambar 4 Jendela *Welcome*

2. Jendela *Form Identity*

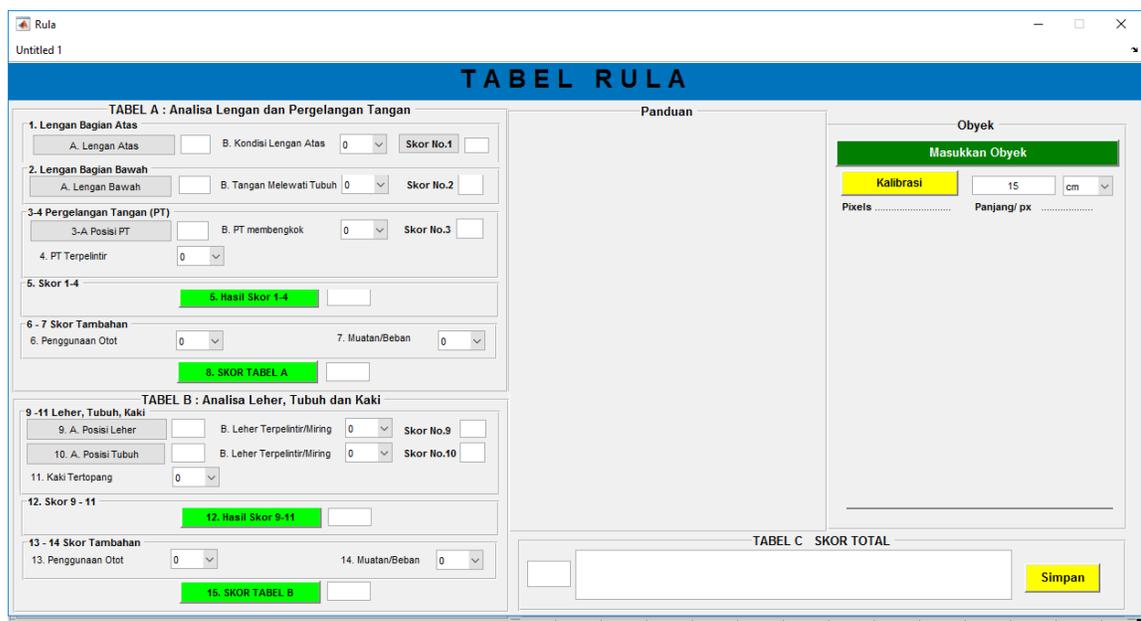
Jendela *Identity* merupakan jendela berisi *form* data subjek yang diukur, seperti nama, jenis kelamin, tanggal lahir, suku, pekerjaan, berat badan, tinggi badan, dan keterangan tambahan.



Gambar 5. Jendela *Identity*

3. Jendela *RULA*

Jendela *RULA* merupakan tempat melakukan penilaian postur tubuh saat melakukan aktivitas dengan foto yang diunduh dan dikalibrasi. Jendela *Tabel RULA* dapat dilihat pada Gambar 6



Gambar 6 Jendela Jendela *RULA*

Pada jendela *RULA* ada beberapa panel dan tombol yang akan mempermudah pengguna dalam melakukan pengukuran secara digital. Panel-panel dan menu bar tersebut yaitu:

1. Tombol
2. Panel-panel
3. Pada Jendela *RULA* ini terdapat tombol *Back to Main Menu* yang berfungsi untuk kembali ke Jendela *Identity*.

Pengujian Kalibrasi pengukuran

Kalibrasi dilakukan dengan mengukur suatu benda yang mempunyai standar yang terhubung dengan standar nasional maupun internasional seperti penggaris 30 cm dan papan kalibrasi dengan perhitungan titik tengah lingkaran pertama terhadap titik tengah lingkaran selanjutnya dengan jarak 15 cm seperti yang terlihat pada Gambar 7 berikut ini.



Gambar 7. Pengujian Kalibrasi dengan Menggunakan Penggaris

Pengujian perangkat lunak

Pengujian perangkat lunak dilakukan dengan melakukan penilaian dengan cara yang sama seperti dengan menggunakan *form RULA* sebelumnya. Sebanyak 80 mahasiswa melakukan pengisian dengan perangkat lunak tersebut dengan obyek ukur yang sama. Berikut adalah hasil pengujian dengan menggunakan perangkat lunak.

Tabel 4 Hasil Pengukuran Pengujian Perangkat Lunak

Area	Jumlah	Rata2	St_dev
Lengan atas	160	2	0
Lengan bawah	160	2	0
Pergelangan Tangan	231	2,887	0,317
Pergelangan	80	1	0

Tangan Terpelintir			
Skor 1-4	240	3	0
Otot A	80	1	0
Muatan A	0	0	0
Skor A	320	4	0
Leher	160	2	0
Tubuh	80	1	0
Kaki	80	1	0
Skor 9-11	160	2	0
Otot B	80	1	0
Muatan B	0	0	0
Skor B	240	3	0
Skor C	240	3	0

Pada data diatas, penilaian postur tubuh bagian pergelangan tangan dan tubuh terdapat standar deviasi sebesar 0,318. Hal ini disebabkan beberapa penilai memberikan nilai yang berbeda terhadap sudut dari kedua bagian tubuh tersebut.

Pengujian Validitas dan Realibitas

Validitas

Dari hasil perhitungan presisi, didapatkan nilai selisih/ *error* yang besar pada tiga area yakni pergelangan tangan, leher dan tubuh. Secara umum, pada tabel *RULA* terdapat pilihan-pilihan postur tubuh dimana memiliki rentang pilihan yang berdekatan sehingga hal ini yang mempengaruhi adanya *error* pengukuran. Nilai *error* didapatkan dari selisih/ perbedaan antara hasil pengukuran digital dengan hasil *checksheet/form*.

Tabel 5 Hasil Perhitungan MAD pengukuran digital

Area	MAD
Pergelangan Tangan	0,075
Leher	0,063
Tubuh	0,500
Rata-rata	0,040

Reliabilitas

Perhitungan reliabilitas melalui perhitungan *technical error of measurements (TEM)* dan %*TEM* untuk setiap area pengukuran pada tabel *RULA* diukur secara digital dan *check*



sheet/form yang diukur secara berulang dapat dilihat pada dibawah ini.

Tabel 6 Hasil Perhitungan TEM

Area	Manual		Digital	
	TEM	%TEM	TEM	%TEM
Pergelangan Tangan	0,12	3,96	0	0
Leher	0,1	4	0,16	8,21
Tubuh	0,237	18,33	0,26	19,70
Rata-rata	0,028	1,643	0,026	1,744

TEM hasil pengukuran digital tidak berbeda secara signifikan dengan TEM hasil pengukuran *checksheet/form* walaupun TEM hasil pengukuran *checksheet/form* lebih baik. Rata-rata TEM semua area pengukuran RULA untuk semua subjek ukur adalah 0,026 untuk dua set pengukuran digital dan 0,028 untuk dua set pengukuran *checksheet/form*. Dari hal tersebut, dapat disimpulkan bahwa reliabilitas metode pengukuran *checksheet/form* lebih baik dari metode pengukuran digital meskipun tidak ada perbedaan secara signifikan.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

1. Hasil MAD pengukuran digital dan *checksheet/form* pada penelitian ini sebesar 0,040. Hal ini disebabkan oleh adanya range sudut yang membuat responden meragukan penilaian postur terutama pada bagian tubuh dan pergelangan tangan.
2. Pada reliabilitas pengukuran dengan *checksheet/form* RUBA dan sistem digital, TEM hasil pengukuran digital tidak berbeda secara signifikan dengan TEM hasil pengukuran *checksheet/form*.

Saran

1. Akurasi pengukuran digital dapat ditingkatkan dengan menguji pada banyak aktivitas kerja

2. Alat-alat pengukuran dapat dimodifikasi lebih simpel dan efisien namun tidak mengurangi tingkat akurasi dan validasi pengukuran.

DAFTAR PUSTAKA

- Hunter, S. L. (2001). Ergonomic evaluation of manufacturing system designs. *Journal of Manufacturing Systems*, 20(6), 429–444. [https://doi.org/10.1016/S0278-6125\(01\)80062-5](https://doi.org/10.1016/S0278-6125(01)80062-5)
- Irdiastadi, H., & Yassierli. (2014). *Ergonomi Suatu Pengantar1.pdf*. Bandung: PT Remaja Rosdakarya.
- Nasution, A. H., & Prasetyawan. (2008). *Perencanaan dan Pengendalian Produksi*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Probandari, S. (2010). *Pengembangan Perangkat Lunak dengan Matlab Untuk Perancangan Sistem Pengukuran Antropometri Circumference Secara Digital*. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.
- Shikdar, A., Al-Araimi, S., & Omurtag, B. (2002). Development of a software package for ergonomic assessment of manufacturing industry. *Computers and Industrial Engineering*, 43(3), 485–493. [https://doi.org/10.1016/S0360-8352\(02\)00121-3](https://doi.org/10.1016/S0360-8352(02)00121-3)
- Siboro, B. A. H., & Herianto. (2014). Development of Mathematical Model and SOftware for Digital Circumference Anthropometric Measurement. *Proceeding 7th International Seminar on Industrial Engineering and Management*, 18–24.
- T.Sutoyo, Mulyanto, E., Suhartono, V., Oky Dwi Nurhayati, & Wijanarto. (2009). *Teori Pengolahan Citra Digital*. Yogyakarta: Andi Publisher.
- Tarwaka. (2015). *Ergonomi Industri, Dasar-dasar Pengetahuan Ergonomi dan Aplikasi di Tempat Kerja*. Solo: Harapan Press Solo.
- Usman, H., & Akbar, P. S. (2011). *Statistika Suatu Pengantar1.pdf*. Jakarta: PT. Bumi Aksara.