

## DESAIN MEJA KERJA PROSES PENCUCIAN FILM *RADIOGRAPHY* DENGAN PENDEKATAN ERGONOMI

Taufiq Rahman<sup>1\*</sup>, Marisandi<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Batam,  
Jl. Gajah Mada, Tiban, Batam, Kepulauan Riau, Indonesia, 29425  
Email: [taufiq@iteba.ac.id](mailto:taufiq@iteba.ac.id), sandibki@gmail.com,

### Abstrak

Divisi *Non Destructive Testing* (NDT) mempunyai beberapa jenis pengujian diantaranya *ultrasonic test flaw*, *ultrasonic test gauging*, dan proses pencucian film *radiography*. Pekerjaan *radiography* ini dikerjakan oleh tiga operator yang kegiatan utamanya adalah pekerjaan lapangan, mencuci film, mengidentifikasi film, dan membuat laporannya. Diketahui pada proses pencucian film mempunyai aktivitas kerja yang bisa menimbulkan gangguan kesehatan, yaitu proses kerja pencucian bekerja dengan cara sedikit membungkuk saat proses memasukkan film ke hanger dan memutar badan saat mengambil hanger untuk dimasukkan kedalam bak. Aktivitas kerja tersebut dinilai tidak baik karena jika bekerja dalam waktu lama akan menimbulkan beberapa keluhan, yaitu nyeri pada bagian bahu dan pinggang. Penelitian ini merancang fasilitas desain meja untuk proses pencucian film untuk menghindari keluhan-keluhan saat melakukan aktivitas kerja pencucian film *radiography*. Data yang dikumpulkan merupakan data antropometri dalam bentuk persentil. Data antropometri yang digunakan untuk merancang tinggi meja adalah tinggi siku berdiri dan panjang rentang tangan kedepan dengan persentil 5th, sedangkan pada panjang meja mengikuti panjang dari ruangan yang tersedia yaitu panjang 200cm. Hasil desain rancangan meja sebagai alat bantu mencuci film ini dinilai lebih baik sebab desain meja ini yang bersampingan dengan bak kerja sehingga mampu menghilangkan gerakan memutar yang dan dengan tinggi yang sudah disesuaikan dengan data antropometri sehingga gerakan sedikit membungkuk bisa dihilangkan. Dengan ini diharapkan operator dapat melaksanakan pekerjaannya dengan nyaman.

**Kata kunci:** *Radiography*; antropometri; ergonomic

### Abstract

The *Non Destructive Testing* (NDT) division has several types of tests including *ultrasonic flaw tests*, *ultrasonic gauging tests*, and *radiography film washing processes*. This *radiography* work is conducted by three operators whose main activities are field work, washing films, identifying films, and preparing reports. It be discovered that the film washing process has work activities that can cause health problems, namely the washing process works by bending slightly during the process of inserting the film into the hanger and turning the body when taking the hanger to put it in the tub. This work activity is considered not good because if you work for a long time it will cause several complaints, namely pain in the shoulders and waist. In this study designing a desk design facility for the film washing process to avoid complaints when carrying out *radiography* film washing work activities. The data collected is anthropometric data in the form of percentiles. The anthropometric data used to design the table height are standing elbow height and forward arm span with the 5th percentile, while the table length follows the length of the available space, which is 200cm long. The results of the design of the table design as a tool for washing film is considered better because the design of this table is next to the work tub so that it can eliminate circular motions and with a height that has been adjusted to anthropometric data so that slight bending movements can be eliminated. With this, it is hoped that the operator can do their job comfortably.

**Keywords:** *Radiography*; anthropometry; ergonomics

## 1. Pendahuluan

*Non Destructive Testing* (NDT) adalah pekerjaan yang melakukan pengujian dan inspeksi material untuk mengetahui adanya kerusakan atau cacat pada material. Divisi *Non Destructive Testing* (NDT) mempunyai beberapa jenis pengujian diantaranya *ultrasonic test flaw*, *ultrasonic test gauging*, dan proses pencucian film *radiography*. Pekerjaan *radiography* ini dikerjakan oleh tiga operator yang kegiatan utamanya adalah pekerjaan lapangan, mencuci film, mengidentifikasi film, dan membuat laporannya.

Proses utama dari *radiography* terdiri dari empat tahapan, yaitu *developing*, *rinsing*, *fixing*, *washing* dan *drying*. Proses *developing* adalah konversi partikel perak halida menjadi emulsi tetap perak yang diiradiasi, atau konversi dari citra laten ke citra tidak mengubah apa pun. Perubahan butiran perak halida akan membentuk bayangan laten pada film (Putra et al., 2017) Aktivitas utama *developing* adalah untuk mengubah ion perak dari kristal yang terkena paparan sinar-X menjadi perak. *Rinsing* adalah proses yang berkelanjutan setelah proses *depoloving*, yaitu membilas dengan air untuk menghilangkan bahan baku agar tidak berpindah ke tempat lain. Kemudian *fixing* yaitu proses menghilangkan perak halida untuk memberikan perlindungan dari kerusakan dan mengontrol efek ekstraksi air (Louk & Suparta, 2014). Bahan-bahan yang dipakai pada proses *fixing* ini adalah bahan penetap (*fixing agent*), bahan pemercepat, bahan penangkal, bahan pengeras (*hardener*), bahan penyangga (*buffer*), dan bahan pelarut. Proses *washing* film radiografy dilakukan dengan menggunakan air sampai bau asam dari larutan *fixer* menghilang. Proses *washing* film ini bertujuan untuk menghilangkan bahan-bahan perak kompleks dan garam yang terbentuk dari proses *fixing*. Proses *drying* film terakhir adalah proses *drying*. Proses pengeringan dilakukan untuk menghilangkan air dan emulsi serta menjamin keamanannya.

Semua proses pencucian film dilakukan dengan pengolahan film *radiography* secara manual. Proses pencucian film *radiography* dilakukan didalam kamar gelap agar hasil film *radiography* tidak terjadi cacat. Diketahui pada proses pencucian film *radiography* mempunyai aktivitas kerja yang bisa menimbulkan gangguan kesehatan, yaitu proses kerja pencucian bekerja dengan cara sedikit membungkuk saat proses memasukkan film ke *hanger* dan memutar badan saat mengambil *hanger* untuk dimasukkan kedalam bak. Aktivitas kerja tersebut dinilai tidak baik karena jika bekerja dalam waktu lama akan menimbulkan beberapa keluhan, yaitu nyeri pada bagian bahu dan pinggang.

Selain alat – alat *radiography*, pada ruangan proses pencucian menggunakan meja yang dinilai kurang ergonomis. Berikut Gambar 1. mengenai ruang kerja pada proses *radiography* yang dilakukan.



Gambar 1. Ruang kerja *radiography*

Berdasarkan data hasil wawancara yang dilakukan penulis kepada 3 orang operator yang khusus bekerja di ruang *radiography*, diketahui terdapat keluhan yang dirasakan pekerja. Diantaranya pegal dan nyeri pada bagian pinggang dan bahu. Selain itu operator juga merasa cepat lelah karena pekerjaan membutuhkan ketelitian dan kewaspadaan yang tinggi sebab berdampingan dengan zat-zat kimia. Hal ini cukup beresiko jika pekerjaan yang dilakukan dalam jangka waktu yang lama dan terus menerus.

Penanggulangan yang dilakukan adalah dengan mengganti meja kerja yang digunakan pada ruangan *radiography* tersebut. Meja dirancang dengan menggunakan sistem *adjustable* sehingga dapat disesuaikan dengan tinggi operator. Hal ini membuat pekerja tidak perlu membungkuk dan menghilangkan penyakit-penyakit akibat kerja yang timbul sebelumnya. Meja kerja dirancang dengan menggunakan data antropometri dari operator *radiography* secara langsung. Antropometri dapat didefinisikan sebagai ilmu yang mempelajari tentang keterbatasan dimensi tubuh manusia yang meliputi bentuk, ukuran (tinggi, lebar, dan sebagainya) yang berbeda satu dengan yang lain (Cerqueira et al., 2022). Tujuan ergonomi agar dapat menemukan ukuran secara tepat yang berkaitan dengan produk yang akan dirancang dan manusia yang akan mengoperasikan atau menggunakan produk tersebut (Wignjosobroto, 2000).

Perbaikan desain alat kerja telah banyak dilakukan diantaranya pada penelitian Rahdiana et al, (2021) yang melakukan perancangan ulang dan pengembangan alat pemotong rumput mesin agar dapat berfungsi menjadi alat pemanen padi yang ergonomis. Proses pengembangan produk dilakukan dengan pendekatan *reverse engineering*, sedangkan penentuan ukuran dimensi komponen alat pemanen padi berdasarkan pada data antropometri. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa alat pemotong rumput mesin dapat dikembangkan menjadi alat pemanen padi multifungsi yang dapat membuat sistem kerja menjadi lebih sehat dan aman.

## 2. Metode Penelitian

Ketidaknyamanan pekerja dan penyakit – penyakit yang timbul akibat bekerja di pencucian film *radiography* disebabkan oleh meja kerja yang kurang ergonomis. Setelah dilakukan pengukuran diketahui bahwa tinggi dan lebar meja kerja tidak sesuai dengan standar meja kerja berdiri. Berikut data awal meja yang telah diukur pada Tabel 1.

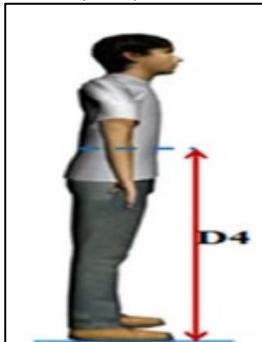
**Tabel 1.** Ukuran awal benda kerja *radiography*

Ukuran meja kerja	
Tinggi	700 mm
Lebar	890 mm
Panjang	1790 mm

### Data Antropometri yang Digunakan

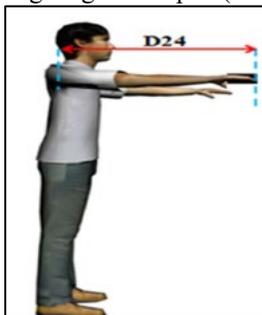
Divisi *radiography* hanya terdapat tiga (3) operator maka maka diperlukan pengambilan sampel terhadap operator divisi lainnya sehingga sampel yang diukur sebanyak 30 orang. Adapun data antropometri yang digunakan adalah:

a. Tinggi siku berdiri (TSB)



**Gambar 2.** Tinggi siku berdiri

b. Panjang rentang tangan kedepan (PTD)



**Gambar 3.** Panjang rentang tangan kedepan

Pengambilan data antropometri dilakukan untuk 30 orang dari operator yang ada di PT XYZ di semua divisi NDT, tidak terkecuali di bagian *radiography*. Data tersebut ditampilkan pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Data antropometri operator NDT

No	Nama	TSB (cm)	PTD (cm)
1	Hendra	108	74
2	Ary. F	109	75
3	Julaidi	99	71
4	M. Ryan	111	77,4
5	Angga	108	74,5
6	Fitra	98	70
7	Agus	98,5	70
8	Asyari	108,7	74
9	Hendi	110	77
10	Sandi	114	80
11	Wawan	115	80,4
12	M. yaini	108	74
13	Irvan	115,5	80,3
14	Budi	99	70,6
15	Torong	98	70
16	Boyni	110	76
17	Fajar	99	71
18	Sudirman	107	74
19	Sultan	107,8	74
20	Berman	104	72
21	Kadar	110	77
22	Fadli	108	75
23	Ahdiyar	111	78
24	Iqbar	105	72
25	Fahrul	109	74,4
26	Mulyadi	99,4	71
27	Vitro	98,8	70
28	Asif	110	77
29	Marzuki	101	71
30	Mastur	104	71,9

### Uji Keseragaman Data

Langkah pertama dalam uji keseragaman ini adalah perhitungan rataratanya. Batas atas Batas kendali dan simpangan baku untuk menentukan batas kendali. Berikut data pengukuran antropometri yang digunakan:

a. Perhitungan *Mean*

$$TSB = \frac{108+109+\dots+104}{30} = 106,82 \text{ cm}$$

$$PTD = \frac{74+75+\dots+71,9}{30} = 74,0733 \text{ cm}$$

b. Perhitungan Standar Deviasi

$$SD = \sqrt{\frac{\sum(X_i - \bar{x})^2}{N-1}} \quad (\text{Purnomo, 2013})$$

$$TSB = \sqrt{\frac{(108-106,82)^2+\dots+(104-106,82)^2}{30-1}} = 5,31$$

$$PTD = \sqrt{\frac{(74-74,0733)^2+\dots+(71,9-74,0733)^2}{30-1}} = 3,2228$$

c. Perhitungan Batas Kendali Atas dan Batas kendali Bawah

$$BKA = \bar{x} + k\sigma \text{ dan } BKB = \bar{x} - k\sigma$$

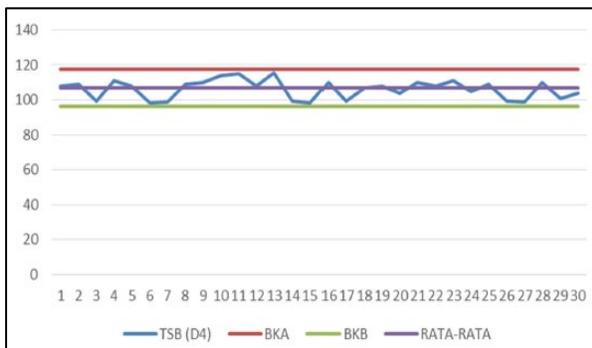
$$BKA \text{ TSB} = 106,82 + (2 \times 5,31) = 117,4379094 \text{ cm}$$

$$BKB \text{ TSB} = 106,82 - (2 \times 5,31) = 96,2020906 \text{ cm}$$

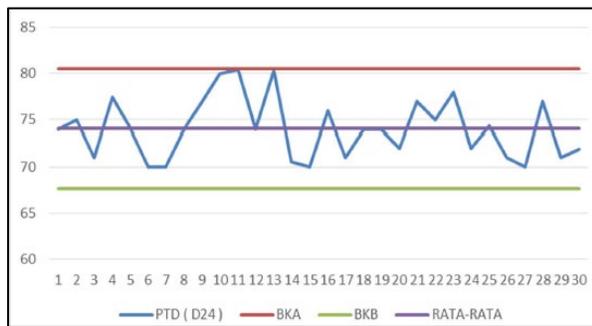
$$BKA \text{ PTD} = 74,0733 + (2 \times 3,2228) = 80,5190$$

$$BKB \text{ PTD} = 74,0733 - (2 \times 3,2228) = 67,6276$$

Pada Gambar 4. dan Gambar 5 dijelaskan persebaran data TSB dan PTD yang berada diantara batas kendali atas dan batas kendali bawah. Artinya tidak ada data diluar batas kendali dan dinyatakan seragam.



Gambar 4. Keseragaman data TSB



Gambar 5. Keseragaman data PTD

### Uji Kecukupan Data

Uji ini dilakukan untuk memastikan bahwa data yang diambil sebagai pengukuran dimensi tinggi siku berdiri (TSB) dan Panjang rentang tangan kedepan (PTD) sudah cukup. Berikut formula yang digunakan:

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

Apabila  $N' \leq N$  maka data cukup

$$N' = \left[ \frac{2/0,05 \sqrt{(30 \times 339649,5332) - 4938172,84}}{2222,2} \right]^2$$

$$N' \text{ TSB} = 4,84$$

Karena syarat  $N' \leq N$  terpenuhi maka data tinggi siku berdiri telah cukup

$$N' = \left[ \frac{2/0,05 \sqrt{(30 \times 339649,5332) - 4938172,84}}{2222,2} \right]^2$$

$$N' \text{ PTD} = 2,928$$

Karena syarat  $N' \leq N$  terpenuhi maka Panjang Rentang Tangan Kedepan telah cukup

### 3. Hasil dan Pembahasan

Berdasarkan data yang telah dikumpulkan dan dilakukan beberapa pengujian, maka data dimensi TSB dan PTD dapat digunakan untuk melakukan dimensi pengukuran meja kerja. Meja yang dirancang ini berguna untuk menjaga kondisi fisik operator supaya lebih nyaman bekerja.

#### a. Perhitungan Tinggi Meja

Pada penentuan tinggi meja potong ini menggunakan data anthropometri tinggi siku berdiri dengan persentil 5. Ini bertujuan agar pemakai yang mempunyai dimensi badan kurang tinggi dapat menjangkaunya.

$$\begin{aligned} \text{Persentil 5} &= \bar{x} - 1.645 \sigma_x \\ &= 106,82 - 1.645 * 5,31 \\ &= 98,08505 \end{aligned}$$

Sehingga dari perhitungan diatas didapatkan nilai tinggi siku berdiri, didapatkan nilai persentil 5 sebesar 98,08505 cm. Namun Menurut Konz (1979) ketinggian tempat kerja sekitar 3,5 cm di bawah siku. Sehingga 98 cm – 3,5 cm menjadi 94,5 cm. Nilai ini dibulatkan menjadi 95 cm.

#### b. Lebar Meja

Pada penentuan lebar meja data antropometri yang digunakan adalah panjang rentang tangan kedepan dengan persentil 5. Bertujuan agar operator yang memiliki panjang rentang tangan kedepan terendah dapat mengungkannya dengan nyaman.

$$\begin{aligned} \text{Persentil 5} &= \bar{x} - 1.645 \sigma_x \\ &= 74,07333 - 1.645 * 3,2228 \\ &= 68,7718 \end{aligned}$$

Sehingga dari perhitungan diatas didapatkan nilai panjang rentang tangan kedepan didapatkan nilai persentil 5 sebesar 68,8 cm. Hasil perhitungan panjang rentang tangan kedepan didapka 68,8 cm. Namun diketahui jarak dinding dengan bak cuci film sebesar 50cm sehingga pada penentuan lebar meja

pengamat menggunakan data jarak dinding dengan bak kerja yaitu sebesar 50 cm.

c. Panjang Meja Potong

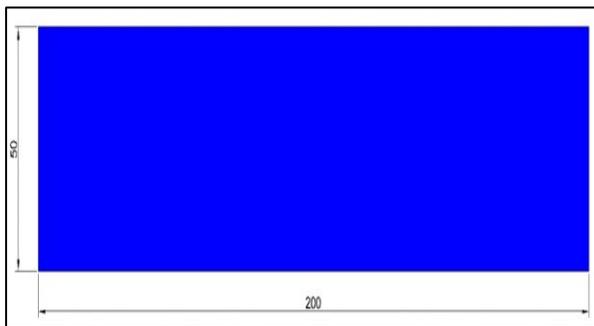
Pada penentuan panjang meja ini menggunakan jarak antara dinding dengan pintu yaitu sebesar 300 cm tetapi dikurangi dengan area bebas atau kosong sehingga tidak mengganggu jalan keluar masuk operator sehingga dikurang dengan 100cm dan di dapatkan panjang meja sebesar 200cm.

Setelah menentukan dimensi rancangan maka dapat dibuat suatu gambar rancangan meja sebagai alat bantu memotong berdasarkan dimensi-dimensi tersebut. Perhitungan ukuran rancangan secara keseluruhan dapat dilihat pada Tabel 3 di bawah ini.

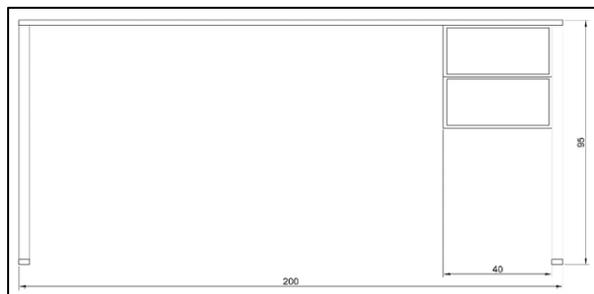
**Tabel 3.** Dimensi rancangan meja kerja

No	Dimensi Rancangan Meja	Ukuran (cm)
1	Tinggi meja	95
2	Lebar meja	50
3	Panjang meja	200

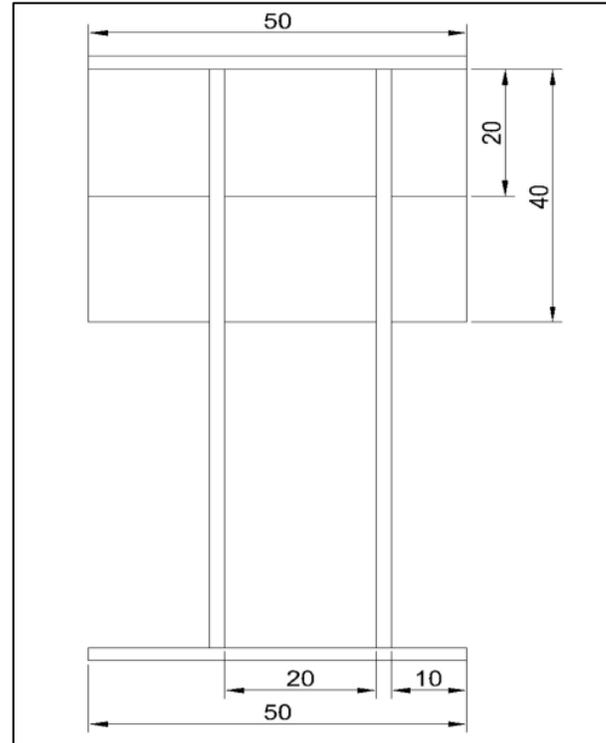
Setelah semua dimensi meja telah diketahui, langkah selanjutnya adalah pembuata gambar perancangan. Gambar rancangan meja dibuat menggunakan software autocad untuk pembuatan gambar 2 dimensi atau gambar teknik tampilan 3 dimensi. Gambar rancangan meja dibuat dengan skala 1 : 1. Meja sebagai alat bantu proses cuci film dapat dijelaskan melalui proyeksi 2 dimensi seperti pada Gambar berikut.



**Gambar 6.** Meja tampak atas

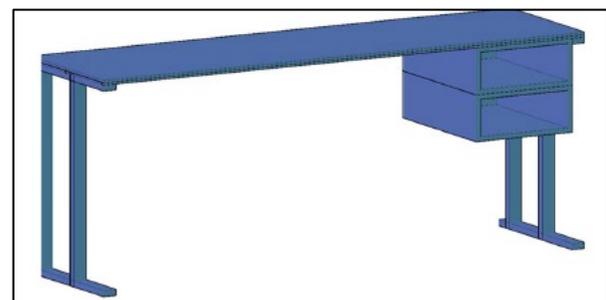


**Gambar 7.** Meja tampak depan



**Gambar 8.** Meja tampak samping

Adapun rekomendasi meja yang diusulkan yang digunakan dalam proses pencucian film *radiography* adalah sebagai berikut:



**Gambar 9.** Meja usulan

Analisa material meja yang direkomendasikan dijelaskan pada Tabel 4 berikut.

**Tabel 4.** Rekomendasi Material

No	Material	Jumlah yang dibutuhkan
1	Besi Hollow 40 x 20	572 cm = 6 m
2	Besi Hollow 20 x 20	1290 cm = 13 m
3	Plate besi tebal 4mm	50 cm x 360 cm
4	Siku aluminium 2cm x 2cm	500 cm =5m
5	Triplek 10mm x 500mm x 2000mm	1 lembar



**Gambar 10.** Usulan material meja

#### 4. Simpulan

Adapun kesimpulan penelitian ini yaitu meja yang digunakan saat ini pada ruangan *radiography* kurang sesuai dengan aspek kenyamanan operator. Hal ini karena tinggi dimensi meja yang tidak sesuai dengan dimensi tubuh operator. Akibatnya operator tidak nyaman dan sering mengeluhkan cedera atau nyeri pinggang dan bahu ketika bekerja. Dalam perancangan meja kerja berdiri pada divisi *radiography* menggunakan data tinggi siku berdiri (TSB) untuk tinggi meja sedangkan untuk lebar meja menggunakan ukuran dari jarak dinding dengan bak. Desain meja yang diusulkan sesuai dengan dimensi tubuh operator *radiography* dan perusahaan NDT yaitu

tinggi meja 95 cm, lebar meja 50 cm dan panjang meja 200 cm.

#### Daftar Pustaka

- Cerqueira, M. S., Amorim, P. R. S., Encarnação, I. G. A., Rezende, L. M. T., Almeida, P. H. R. F., Silva, A. M., Sillero-Quintana, M., Silva, D. A. S., Santos, F. K., & Marins, J. C. B. (2022). Equations based on anthropometric measurements for adipose tissue, body fat, or body density prediction in children and adolescents: a scoping review. *Eating and Weight Disorders - Studies on Anorexia, Bulimia and Obesity*, 27(7), 2321–2338. <https://doi.org/10.1007/s40519-022-01405-7>
- Kortum, P. T., & Bangor, A. (2013). Usability Ratings for Everyday Products Measured With the System Usability Scale. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 29(2), 67–76. <https://doi.org/10.1080/10447318.2012.681221>
- Louk, A., & Suparta, G. (2014). Pengukuran Kualitas Sistem Pencitraan *Radiography* Digital Sinar-X. *Berkala MIPA*, 24(2), 149–166.
- Purnomo, H. (2013). Antropometri dan Aplikasinya. In *Graha Ilmu*.
- Putra, S. Y. F., Kundari, N. A., & Basuki, K. T. (2017). Perancangan Reaktor Batch Untuk Pemisahan Perak Dari Larutan Bekas Pencucian Film *Radiography*. *Jurnal Forum Nuklir*, 10(2), 81. <https://doi.org/10.17146/jfn.2016.10.2.3496>
- Rahdiana, N., Majid, F., & Astuti, A. (2021). Perancangan Alat Pemanen Padi Ergonomis Untuk Meningkatkan Efisiensi Proses Panen Dengan Pendekatan Antropometri Dan *Reverse Engineering*. *Teknapro: Journal of Industrial Engineering and Management*, 16(2), 108–118. <https://doi.org/10.33005/teknapro.v16i2.271>
- Wignjosubroto, S. (2000). *Ergonomi, Studi Gerak Dan Waktu: Teknik Analisis Untuk Peningkatan Produktivitas Kerja*.