

PERANCANGAN ULANG STASIUN KERJA TENUN DESA WANAREJAN UTARA PEMALANG DENGAN METODE *VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE (VDI) 2221*

Denny Nurkertamanda¹, Ahmad Najib², Arfan Bakhtiar³, Susatyo Nugroho
Widyo Pramono⁴, Yusuf Widharto⁵

¹ Departemen Teknik Industri

^{1,2,3,4,5}Departemen Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro, Jalan Prof
Soedarto Tembalang, Kota Semarang, 50275

email : nurkerta@gmail.com

Abstrak

Menenun merupakan pekerjaan yang membutuhkan kerja statis dalam waktu lama dan berulang. Hal ini dapat menimbulkan resiko tinggi kelelahan dan keluhan MSDs. Kelelahan dan keluhan MSDs juga disebabkan karena postur kerja yang kurang baik seperti yang dialami pengrajin tenun sarung goyor di Desa Wanarejan Utara Kabupaten Pemalang Jawa Tengah. Postur kerja yang kurang baik pada pekerjaan ini disebabkan oleh rancangan stasiun kerja yang kurang ditinjau dari segi ergonomi. Tujuan dari penelitian ini yaitu merancang ulang stasiun kerja tenun agar mendapatkan rancangan stasiun kerja yang lebih ergonomis sehingga diharapkan resiko kelelahan dan keluhan muskuloskeletal yang dirasakan oleh pekerja dapat menurun. Perancangan stasiun kerja tenun ini meliputi kursi tenun yang dirancang dengan VDI 2221 dan Alat Tenun Bukan Mesin (ATBM) dengan prinsip ergonomi. Pengujian dilakukan dengan menggunakan software jack untuk menganalisis nilai Posture Evaluation Index (PEI). Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa desain stasiun kerja perbaikan dapat menurunkan nilai PEI dari 2,279 menjadi 1,618. Semakin kecil nilai PEI, semakin kecil pula nilai variabel – variabel yang menyusun nilai PEI yang berarti semakin baik postur tubuh manusia dalam melakukan pekerjaan.

Kata kunci: Stasiun kerja, Tenun, Postur kerja, VDI 2221, Posture Evaluation Index (PEI).

1. Pendahuluan

Salah satu jenis kain tenun di Indonesia yaitu sarung tenun yang dibuat di Desa Wanarejan Utara Kabupaten Pemalang atau biasa disebut dengan sarung goyor dimana proses pembuatan menggunakan Alat Tenun Bukan Mesin (ATBM). Proses pengerjaan komoditas sarung tenun goyor tergolong unik dan rumit sehingga membutuhkan waktu yang cukup panjang untuk menghasilkan sebuah sarung tenun dan proses kerja dilakukan secara berulang. Kegiatan pengulangan yang dilakukan oleh pengrajin tenun ini menyebabkan prevalensi tinggi terhadap gangguan muskuloskeletal (*Muskuloskeletal Disorder*) (Chobineh, Hosseini, Lahmi, Jazani, dan Shahnava, 2007). Hal ini pernah dijelaskan pada studi yang dilakukan oleh (Khaizun, 2014) yang menyebutkan bahwa terdapat keluhan pada punggung pekerja tenun di Desa Wanarejan Utara. Menurut penelitian tersebut, keluhan punggung yang dirasakan pekerja tenun ada hubungannya dengan faktor usia, masa kerja, dan yang terpenting yaitu desain kursi kerja.

Untuk mencegah adanya penyakit yang ditimbulkan dalam sistem kerja, perlu adanya perancangan sistem kerja yang melihat faktor ergonomi. Ergonomi memastikan bahwa setiap fasilitas kerja yang dirancang, baik dari pengguna maupun lingkungan dibuat berfokus pada manusia (*human centered design*)

sehingga performansi dan kesejahteraan (*well-being*) dapat tercapai optimal (Neumann dan Dul, 2010). Penelitian ini bertujuan untuk melakukan perancangan kembali stasiun kerja tenun agar mendapatkan rancangan stasiun kerja yang lebih ergonomis sehingga pekerja dapat nyaman dalam melakukan pekerjaannya dan serta memperbaiki postur pekerja.

2. Pendekatan Pemecahan Masalah

Subjek penelitian yang diamati adalah stasiun kerja tenun ATBM (Alat Tenun Bukan Mesin) dan pekerja tenun pria di desa Wanarejan Utara Pernalang. Untuk melakukan perancangan ulang stasiun kerja tenun dilakukan pengukuran dimensi ATBM dan kursi tenun serta dilakukan penilaian postur kerja pada pekerja tenun dan mengidentifikasi kelelahan dan keluhan *musculoskeletal* yang dialami oleh pekerja tenun tersebut.

Dalam penelitian ini menggunakan beberapa instrument yang dapat dijelaskan sebagai berikut:

- a. Untuk kuesioner pendahuluan mengacu kepada *Standard Nordic Questionnaire*, merupakan instrumen untuk mengidentifikasi rasa sakit pada bagian – bagian tubuh yang dialami oleh operator
- b. Meter ukur, merupakan instrumen yang digunakan untuk mengukur dimensi stasiun kerja aktual (Alat Tenun Bukan Mesin dan kursi)
- c. Kamera, merupakan instrumen untuk mengambil gambar dan merekam suatu kegiatan atau proses agar dapat dianalisis khususnya aspek postur kerja
- d. Menyiapkan alat tulis
- e. *Software* analisis postur kerja dan *Posture Evaluation Index* (PEI).
- f. *Software* untuk desain kursi tenun

Penelitian dilakukan dengan melakukan Studi pendahuluan yang meliputi penyebaran kuesioner *Nordic Body Map* untuk mengetahui keluhan dari para pekerja tenun. Data mengenai keluhan bagian tubuh pekerja yang sakit saat bekerja. Data ini didapatkan melalui pengisian kuesioner *Nordic Body Map* dari pekerja tenun sarung goyor di Desa Wanarejan Utara Pernalang. Dari hasil pengamatan melalui kuesioner *Nordic Body Map* yang dibagikan pada 12 pekerja tenun Desa Wanarejan Utara Pernalang setelah bekerja selama sehari dalam posisi duduk, dan jam kerja dimulai pada pukul 07.00 WIB hingga pukul 16.00 WIB dengan diselingi waktu istirahat pukul 12.00 WIB hingga 13.00 WIB, diketahui bahwa 92% dari pekerja merasa agak sakit dan 8% merasa sakit pada bahu kiri, 75% merasa agak sakit dan 8% sakit pada lengan atas kiri, 58% orang merasa agak sakit di bagian punggung, 25% merasa agak sakit dan 75% sakit pada pinggang, 58% merasa agak sakit dan 25% sakit pada bokong, 75% merasa agak sakit pada pantat, 67% merasa agak sakit dan 25% merasa sakit pada siku kiri, 50% merasa agak sakit dan 50% merasa sakit pada lengan bawah kiri, 67% merasa agak sakit pada lengan bawah kanan, 75% merasa agak sakit dan 17% merasa sakit pada pergelangan tangan kanan, 67% merasakan agak sakit dan 8% merasa sakit pada tangan kanan, serta 75% pekerja merasakan agak sakit pada betis kanan dan kiri.

Selain itu dilakukan juga analisis postur kerja dengan menggunakan *software* untuk menilai postur kerja dari para pekerja tenun tersebut. Pada tahapan ini, dilakukan perhitungan nilai ergonomi dari kondisi kerja yang ada berdasarkan *Posture Evaluation Index* (PEI). Berdasarkan pengujian yang dilakukan pada

kondisi awal didapatkan nilai PEI pada kondisi awal yaitu 2,279. Penelitian ini membutuhkan data sebagai berikut yaitu:

- Data dimensi Alat Tenun Bukan Mesin yang digunakan untuk perancangan ulang desain ATBM dimana akan dilakukan perubahan minor.
- Data dimensi kursi tenun yang digunakan untuk pengujian postur duduk pekerja dan sebagai pertimbangan untuk perancangan ulang kursi tenun
- Kondisi lingkungan kerja digunakan sebagai pertimbangan untuk menentukan kebutuhan pekerja mengenai perancangan ulang stasiun kerja tenun
- Data antropometri Indonesia yaitu berjenis kelamin laki-laki suku Jawa berusia 16 s/d 47 tahun yang digunakan sebagai pertimbangan perancangan stasiun kerja tenun.

3. Hasil dan Pembahasan

Perancangan ulang stasiun kerja tenun meliputi 2 hal yaitu redesain Alat Tenun Bukan Mesin (ATBM) dan perancangan kursi tenun. Perancangan stasiun kerja menggunakan metode VDI 2221 (Pahl dan Beitz) (Pahl, Beitz, Feldhusen, dan Grote, 2007). Konsep perancangan dilakukan secara sistematis tahap demi tahap sesuai dengan metode VDI 2221.

Fase 1: Perencanaan dan penjelasan tugas.

Dalam eksplorasi pertama, informasi yang didapatkan berupa pernyataan dan persyaratan pengguna yang diterjemahkan dalam parameter yang relevan dengan produk yang dapat diterapkan oleh perancang. Dalam penelitian ini penulis menggunakan *checklist* sebagai metode untuk menyempurnakan dan memperluas *requirement list* karena terbukti mampu untuk membuat *requirement list* berdasarkan pada subsistem (Pahl, Beitz, Feldhusen, dan Grote, 2007). Sebelum penentuan *requirement list* dari kursi tenun, terlebih dahulu menyusun daftar *demand* and *wish*. Daftar *demand* dan *wish* akan disusun acak, yang kemudian akan secara sistematis disusun yang akan ditulis ke dalam suatu format *requirement list* yang dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Requirement list Kursi Tenun

Departemen Teknik Industri	Requirement list Kursi Tenun	Dibuat pada 28/10/2019
		Halaman: 1
Perubahan	Daftar Spesifikasi	D W
	Geometri:	
	Kaki (legs):	
	Tinggi: sesuai dengan tinggi popliteal persentil 5 th dan 95 th (D16)	
	Konsep adjustable tinggi minimum = 36,19 cm	D
	Konsep adjustable tinggi maksimum = 47,41 cm	
	Dudukan (Seater):	
	Lebar: sesuai dengan lebar pinggul persentil 95 th (D19) = 49,09 cm	D
	Kedalaman dudukan (Panjang): sesuai dengan Panjang popliteal persentil 5 th (D14) = 41,37 cm	D
	Ketebalan dudukan 4 - 5 cm (Sanders et.all, 1993)	W
	Sandaran punggung (<i>Backrest and lumbar support</i>):	
	Tinggi sandaran: sesuai dengan tinggi bahu duduk persentil 50 th (D10) = 62,9 cm	D
	Lebar sandaran: sesuai dengan lebar bahu bagian atas persentil 95 th (D17) = 44,87 cm	D
	Kinematika:	
	Jenis gerak: linier	D
	Jumlah sumbu: 1 sumbu (atas bawah)	D
	Gaya:	
	Bisa menahan beban diatas 100 kg	D
	Koefisien gesekan antara kaki dengan permukaan lantai besar supaya kursi tidak mudah gerak	D
	Material:	

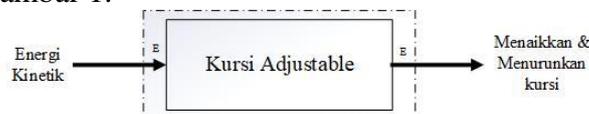
Kayu	D
Busa (bantalan kursi)	D
Kain (woven polyester)	D
Paku	D
Mur & baut standar	D
Lem	D
<u>Keamanan:</u>	
Untuk stabilitas produk dibuat 4 kaki berdasarkan pertimbangan alas	D
Tidak mudah gerak	W
Tidak mudah patah	D
<u>Ergonomi:</u>	
Kursi yang nyaman digunakan untuk bekerja tenun	D
Bisa mengurangi resiko kelelahan dan keluhan <i>musculoskeletal</i>	D
Mudah dalam mengatur ketinggian kursi	D
<u>Produksi:</u>	
Produk dikhususkan untuk objek penelitian	D
<u>Kualitas:</u>	
Desain diuji dengan menggunakan simulasi solidWork dan Software Jack 8.4 (analisis nilai PEI)	D
Produk diuji secara langsung terhadap subjek penelitian	W
Tahan lama dan kuat	D
<u>Assembly & Transportasi:</u>	
Mudah untuk dibuat dan dipindahkan	D
<i>Saving space</i>	W
Tidak terlalu berat	D
<u>Fungsi:</u>	
Digunakan khusus untuk pekerja tenun ATBM	D
<u>Perawatan:</u>	
Perawatan yang mudah dan perbaikan sederhana	D
<u>Biaya:</u>	
Biaya pembuatan <Rp 1.000.000,00	D

Fase 2: Perencanaan dan penjelasan tugas

Fase konseptual diawali oleh suatu keputusan dimana bertujuan untuk menjawab pertanyaan-pertanyaan berdasarkan *requirement list* yang disepakati selama klarifikasi tugas

Pada tahap ini abstraksi digunakan oleh perancang dalam upaya untuk mencari solusi yang optimal.. Hasil dari abstraksi yaitu Kursi *adjustable* yang digunakan untuk pekerja tenun ATBM untuk mengurangi resiko kelelahan dan keluhan muskuloskeletal.

Selain itu pada fase 2 dibuat Struktur fungsi dari kursi tenun yang ditunjukkan pada gambar 1.



Gambar 1. Struktur fungsi utama kursi tenun

Setelah struktur fungsi di definisikan, maka perlu dicari prinsip solusi untuk memenuhi fungsi tersebut. Prinsip solusi dari perancangan kursi tenun dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Prinsip Solusi Kursi Tenun

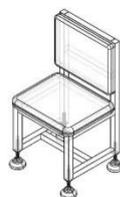
Prinsip Solusi		1	2	3	4
Subfungsi					
A	Konsep kursi	<i>Folding</i>	<i>Stacking</i>	<i>Portable</i>	<i>Knock down</i>
B	<i>Adjustable leg</i>	<i>Adjustable leg inserts</i>	<i>Thread type</i>	<i>Bolt-Down Height</i>	

Setelah itu, dilakukan Evaluasi variasi prinsip solusi secara kualitatif. Variasi Prinsip V1 sampai dengan V7 dievaluasi secara kualitatif. Dengan menggunakan kriteria evaluasi dan kriteria solusi berada pada kolom A sampai

dengan kolom G. Maka terdapat 2 solusi varian setelah dilakukan eliminasi yaitu konsep *stacking* dengan *adjustable leg thread type* dan konsep *portable* dengan *adjustable leg thread type*. Dari 2 solusi varian ini akan dipilih solusi terpilih yang akan dijadikan dasar perancangan konsep kursi. Konsep *stacking* dengan *adjustable leg thread type* memiliki kelebihan mudah dalam penyimpanan, ringan dan lebih sederhana, namun konsep kursi ini memiliki kekurangan yaitu rangka kaki yang kurang kuat, selain itu permukaan alas duduk menggunakan busa dan kain akan menyebabkan kursi mudah rusak jika kursi ditumpuk. Konsep *portable* dengan *adjustable leg thread type* memiliki kelebihan yaitu memiliki rangka yang kuat karena kaki diberi penyangga. Meskipun produk lebih berat dari konsep yang sebelumnya namun itu memiliki kelebihan karena rangka kuat sehingga bisa tahan lama. Berdasarkan pertimbangan tersebut maka solusi terpilih yaitu konsep *portable* dengan *adjustable leg thread type*.

Fase 3: Perancangan bentuk

Pada fase ini, konsep produk terpilih akan “diberi bentuk”. Gambar konsep terpilih diwujudkan menjadi gambar wujud pada gambar 2.



Gambar 2. Rancangan wujud kursi tenun pandangan isometric

Fase 4: Perancangan Detail

Desain detail Dimensi rancangan kursi tenun yang digunakan ditunjukkan pada tabel 3

Tabel 3. Dimensi Rancangan Kursi Tenun

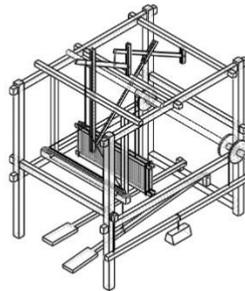
No	Dimensi rancangan	Dimensi antropometri	Persentil	Ukuran rancangan (cm)
1	Kaki kursi	Dimensi tinggi popliteal	5 th - 95 th	Min 36,19 Max 47,41
2	Lebar dudukan	Dimensi lebar pinggul	95 th	49,09
3	Panjang dudukan	Dimensi Panjang popliteal	5 th	41,37
4	Tinggi sandaran punggung	Dimensi tinggi bahu dalam posisi duduk	50 th	62,9
5	Lebar sandaran punggung	Dimensi lebar sibahu bagian atas	95 th	44,87

Berdasarkan analisis postur menggunakan *software postur kerja* khususnya digunakan untuk mengevaluasi persentase dari suatu populasi pekerja yang memiliki kekuatan untuk melakukan pekerjaan berdasarkan postur tubuh dan jumlah energi yang dibutuhkan dalam melakukan pekerjaan tersebut. Berdasarkan nilai SSP diketahui bahwa terdapat masalah pada lutut dan pergelangan kaki, sehingga dibutuhkan perbaikan pada peralatan yang berhubungan dengan bagian tubuh tersebut yaitu pada kursi dan ATBM.

Perbaikan yang dilakukan pada injakan ATBM adalah sebagai berikut:

- Mengurangi ketinggian tuas injakan kaki yaitu 20 cm dari permukaan tanah sehingga bisa mengurangi interval pergerakan kaki penenun untuk mengurangi sudut rentang gerak kaki khususnya pada *dorsoflexion* tanpa mengurangi fungsi dari injakan tenun. Menurut beberapa penelitian telah menunjukkan *Range of Motion* (ROM) dalam bidang sagital antara 65° dan 75°, bergerak dari 10° hingga 20° *dorsoflexion* hingga 40° – 55° *plantarflexion* (Grimston, Nigg, Hanley, dan Engsborg, 1993).
- Lebar injakan kaki sesuai dengan dimensi lebar kaki (D31) dengan persentil 95th yaitu sebesar 11,31 cm
- Panjang injakan kaki yang disesuaikan dengan dimensi Panjang kaki (D30) dengan persentil 95th yaitu sebesar 28,45 cm
- Jarak antar injakan kanan dan kiri disesuaikan dengan dimensi lebar sisi bahu bagian atas (D18) dengan persentil 5th yaitu sebesar 26,06 cm.
- Jarak lade dengan rangka depan yang awalnya 35 cm menjadi 25 cm. Disesuaikan dengan dimensi Panjang genggam tangan ke depan persentil 5th yaitu 65,5 cm dikurangi dengan konfigurasi jarak kursi duduk dengan stasiun kerja yaitu 40 cm.

Hasil dari perancangan desain ATBM perbaikan dijelaskan pada Gambar 4 di bawah ini.

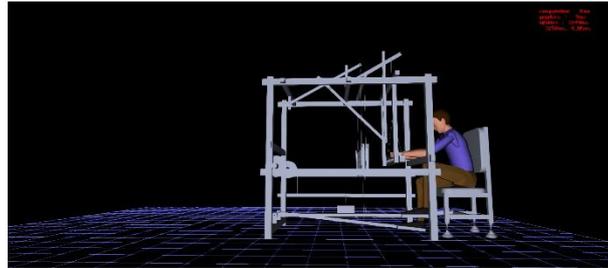


Gambar 4. Desain Alat Tenun Bukan Mesin

Pengujian Desain dengan *Software*

Setelah dilakukan perancangan desain kursi tenun dan Alat Tenun Bukan Mesin (ATBM) dengan menggunakan *software desain*, maka dilakukan pengujian dengan menggunakan *software analisis postur* dalam menghitung nilai (PEI). Pengujian dilakukan dengan menyesuaikan *virtual environment* di *software* dengan kondisi aktual. Penyesuaian *virtual environment* dapat dilihat pada Gambar 5. Kursi tenun dan ATBM yang telah didesain sebelumnya dengan menggunakan *software Solidworks* kemudian dimasukkan ke dalam *software jack* dengan format yang telah disesuaikan.

Setelah membuat *virtual environment*, dilanjutkan dengan membuat *virtual human* ke dalam *workplace* yang telah dibuat sesuai dengan kondisi aktual. Model *virtual human* yang dibuat dalam penelitian ini mengikuti *antropometric scaling* database Asian Indian NID97 dengan persentil 50th. Database Asian Indian NID97 dipilih untuk penelitian ini karena database Asian Indian NID97 seragam atau mendekati dengan antropometri orang Indonesia (Prastawa, Mahachandra, Purwaningsih, dan Satriyo, 2018).



Gambar 5. Menyesuaikan kondisi dalam *software* dengan kondisi actual

- a. Penilaian *Static Strength Prediction* (SSP)
Ada 6 bagian tubuh yang diukur kapabilitasnya yaitu siku (*elbow*), bahu (*shoulder*), batang tubuh (*torso*), pinggul (*hip*), lutut (*knee*) dan pergelangan kaki (*ankle*). Berdasarkan penilaian yang dilakukan, diketahui bahwa persentase kapabilitas postur tersebut di atas 90%. Hal ini menunjukkan bahwa tingkat kapabilitas untuk konfigurasi aktual postur kerja dalam batas aman. Setelah kondisi aktual ini memenuhi persyaratan dari segi kapabilitas berdasarkan hasil yang ditunjukkan pada analisis SSP ini, maka perhitungan PEI untuk konfigurasi ini bisa dilanjutkan.

- b. Penilaian *Posture Evaluation Index* (PEI)
Berdasarkan pengujian yang dilakukan didapatkan nilai PEI pada kondisi awal yaitu 2,279. Sedangkan pada kondisi perbaikan didapatkan nilai PEI sebesar 1,618. Hal ini menunjukkan bahwa desain perbaikan berhasil menurunkan nilai PEI yang awalnya 2,279 menjadi 1,618.

Perancangan ulang stasiun kerja tenun Desa Wanarejan Utara Pernalang dilakukan untuk membenahi postur kerja tenun sehingga bisa mengurangi resiko kelelahan dan keluhan *musculoskeletal*. Untuk membenahi postur kerja tenun dilakukan perancangan kursi tenun dengan menggunakan metode VDI 2221 dan perancangan Alat Tenun Bukan Mesin yang memperhatikan antropometri dan *Static Strength Prediction* (SSP) Dengan perancangan ulang stasiun kerja tenun dapat memperbaiki nilai LBA menjadi 1043 N yang berarti berhasil menurunkan nilai *low back compression force* sebesar 179 N sehingga mengurangi tekanan pada tulang belakang. Nilai RULA yang awalnya 7 menjadi 4 yang berarti dapat mengurangi resiko cedera pada tubuh bagian atas. Untuk nilai OWAS masih tetap sama yaitu menunjukkan nilai 2 yang berarti yang berarti postur *slightly harmful* dimana tindakan perbaikan diperlukan di masa yang akan datang.

Penelitian ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Khaizun (2014) di mana penggunaan kursi yang ergonomis yang disesuaikan dengan alat kerja yang digunakan dapat mengurangi keluhan pada punggung pekerja tenun sarung goyor di Desa Wanarejan Utara Pernalang. Hal ini bisa dilihat dari nilai PEI pada kondisi awal yaitu 2,279 turun menjadi 1,618 pada kondisi perbaikan.

4. Kesimpulan Saran

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, dapat ditarik simpulan sebagai berikut:

1. Perancangan ulang stasiun kerja tenun Desa Wanarejan Utara Pernalang dilakukan dengan melakukan perancangan ulang kursi tenun dengan menggunakan metode VDI 2221 dan perancangan Alat Tenun Bukan Mesin

- (ATBM) yang memperhatikan antropometri dan *Static Strength Prediction* (SSP).
2. Intervensi Ergonomi yang dilakukan untuk mengurangi resiko kelelahan dan keluhan *musculoskeletal* pada pekerja tenun desa Wanarejan Utara Pemalang yaitu dengan melakukan penilaian *Posture Evaluation Index* (PEI). Nilai PEI yang didapat turun dari 2,279 menjadi 1,618.

Daftar Pustaka

1. Chobineh, A., Hosseini, M., Lahmi, M., Jazani, R. K., dan Shahnava, H. (2007). Musculoskeletal problems in Iranian hand-woven carpet industry: Guidelines for workstation design. *Applied Ergonomics*, 617–624..
2. Khaizun, K. (2014). FAKTOR PENYEBAB KELUHAN SUBYEKTIF PADA PUNGGUNG PEKERJA TENUN SARUNG DESA WANAREJAN UTARA. *Unnes Journal of Public Health*, 2(2). Retrieved from <https://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/ujph/article/view/2994>
3. Neumann, W., dan Dul, J. (2010). Human factors: Spanning the gap between OM and HRM. *International Journal of Operations & Production Management*, 923-950.
4. Pahl, G., Beitz, W., Feldhusen, J., dan Grote, K. (2007). *Engineering design: A systematic Approach* (3rd ed.). London: Springer.
5. Prastawa, H., Mahachandra, M., Purwaningsih, R., dan Satriyo, E. (2018). Redesain Fasilitas Tangga Sebagai Evaluasi Ergonomi dengan Kerangka Ideas dan Analisis Posture Evaluation Index pada Objek Wisata Muria Kudus. *Jurnal Ergonomi dan K3*, 17-23.