



PERANCANGAN ALAT BANTU PEMETIK DAUN TEH UNTUK MENINGKATKAN PRODUKTIVITAS DAN MENGURANGI RISIKO *MUSCULOSKELETAL DISORDERS (MSDs)* MENGGUNAKAN METODE *ERGONOMIC FUNCTION DEPLOYMENT (EFD)*

Adhimas Nanda Arya Sadewa¹, Ilma Mufidah², & Agus Kusnayat³

^{1,2,3}Fakultas Rekayasa Industri, Universitas Telkom

adhimasnandaas@student.telkomuniversity.ac.id¹, ilmamufidah@telkomuniversity.ac.id²,
guskus@telkomuniversity.ac.id³

Abstrak: Perancangan Alat Bantu Pemetik Daun Teh Untuk Meningkatkan Produktivitas Dan Mengurangi Risiko Musculoskeletal Disorders (Msds) Menggunakan Metode Ergonomic Function Deployment (Efd). Indonesia merupakan salah satu negara dengan kekayaan dan hasil alam terbesar di dunia. Sebagian besar hasil alam di Indonesia dimanfaatkan untuk keperluan masyarakat dan penggerak perekonomian. Salah satu hasil alam Indonesia yang menjadi komoditas adalah teh. PT. XYZ merupakan perusahaan yang bergerak di bidang pengolahan daun teh. Produk yang dihasilkan oleh PT. XYZ adalah teh hijau (*green tea*). Dalam memenuhi permintaan, PT. XYZ mengalami kendala pada waktu-waktu tertentu seperti pada musim penghujan. Di musim penghujan daun teh cenderung mudah terserang hama atau penyakit seperti penyakit cacar daun yang disebabkan oleh Basidiospora *Exobasidium Vexans*. Parasit tersebut berkembang pada embun (kabut setelah hujan), air hujan, dan pada temperatur rendah sehingga salah satu hal solusi yang dapat dilakukan adalah dengan memetik teh lebih awal dan dengan cepat sebelum daun teh terserang hama atau penyakit. Akibat menggunakan alat tradisional saat proses pemetikan daun teh terdapat beberapa permasalahan seperti produktivitas pemetikan dan gangguan yang berisiko menyebabkan *Musculoskeletal Disorders (MSDs)*. Untuk menindak lanjuti hal tersebut, penelitian ini bertujuan membuat rancangan alat bantu pemetik daun teh menggunakan metode *Ergonomic Function Deployment (EFD)* sehingga rancangan alat bantu pemetik daun teh yang dibuat dapat meningkatkan produktivitas pemetikan serta rancangan alat yang sesuai dengan aspek ergonomi (ENASE).

Kata kunci: Proses Pemetikan Daun Teh; Aspek Ergonomi; *Musculoskeletal Disorders*; *Rapid Entire Body Assessment*.

Abstract: Design of a Tea Leaf Picking Tool to Increase Productivity and Reduce the Risk of Musculoskeletal Disorders (Msds) Using the Ergonomic Function Deployment (Efd) Method. Indonesia is one of the countries with the largest wealth and natural products in the world. Most of the natural products in Indonesia are used for the needs of the community and economic drivers. One of Indonesia's natural products that is a commodity is tea. PT. XYZ is a company engaged in tea leaf processing. Products produced by PT. XYZ is green tea. In fulfilling demand, PT. XYZ experiences problems at certain times such as in the rainy season. In the rainy season tea leaves tend to be susceptible to pests or diseases such as smallpox caused by Basidiospora *Exobasidium Vexans*. The parasite develops in dew (fog after rain), rainwater, and at low temperatures so one of the solutions that can be done is to pick tea early and quickly before the tea leaves are attacked by pests or diseases. As a result of using traditional tools during the tea leaf picking process, there are several problems such as picking productivity and disorders that are at risk of causing *Musculoskeletal Disorders (MSDs)*. To follow up on this, this research aims to make a design for tea leaf picking tools using the *Ergonomic Function Deployment (EFD)* method so that the design of tea leaf picking tools that is made can increase picking productivity and the design of tools that are in accordance with ergonomic aspects (ENASE).

Keyword: Tea Leaf Selection Process; Ergonomic Aspects; Musculoskeletal Disorders; Productivity; Rapid Entire Body Assessment; Ergonomic Function Deployment

History & License of Article Publication:

Received: 28/06/2023 *Revision:* 28/07/2023 *Published:* 04/08/2023

DOI: <https://doi.org/10.37971/radial.v1i1i.397>



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu negara dengan kekayaan dan hasil alam terbesar di dunia. Sebagian Besar hasil alam di Indonesia dimanfaatkan untuk keperluan masyarakat sendiri dan penggerak perekonomian seperti dengan melakukan ekspor maupun impor dari negara lain. Salah satu hasil alam Indonesia yang menjadi komoditas ekspor adalah teh. Pada tahun 2021, Indonesia memiliki luas areal lahan perkebunan teh sebesar 102.078 hektar dengan total hasil produksi sebesar 137.837 ton yang terdiri dari Perkebunan Besar Negara (PBN) sebesar 40,8% (56,3 ton), Perkebunan Besar Swasta (PBS) sebesar 22,7% (31,3 ton), dan Perkebunan Rakyat (PR) sebesar 36,5% (50,3 ton). Luas areal dan jumlah produksi teh tahun 2021 masih lebih rendah atau menurun dari tahun 2020 (Sub Direktorat Statistik Tanaman Perkebunan, 2022).

Salah satu Perkebunan Besar Swasta (PBS) di Provinsi Jawa Tengah adalah PT. XYZ yang berdiri pada tahun 2021 dan memulai proses produksinya di bulan Agustus 2021, perusahaan ini bertempat di Gununglangit, Kec. Kalibening, Kab. Banjarnegara, Provinsi Jawa Tengah. PT. XYZ merupakan perusahaan yang memproduksi teh hijau (*green tea*) untuk di jual secara lokal maupun ekspor ke beberapa negara. Penelitian ini akan berfokus pada peningkatan terhadap kemungkinan-kemungkinan yang terjadi pada proses pemetikan daun teh PT. XYZ. Pada bulan September - Desember tahun 2021 dan Agustus - November tahun 2022 terdapat kekurangan jumlah stok produksi serta tidak terpenuhinya target realisasi pemetikan. Hal tersebut kemungkinan besar terjadi karena faktor cuaca dan lingkungan, berdasarkan prakiraan cuaca oleh Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) bulan Oktober hingga November tahun 2021 dan September hingga November pada tahun 2022 merupakan musim penghujan (Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG), 2021, 2022).

Di musim penghujan, daun teh cenderung mudah terserang hama atau penyakit seperti penyakit cacar daun. Penyakit cacar daun merupakan penyakit daun teh yang disebabkan oleh Basidiospora *Exobasidium Vexans*, parasit ini menjadi salah satu penyebab utama kerugian produksi teh karena dapat merusak kualitas teh, seperti menurunkan *theaflavine*, *thearubigine*, *kafein*, dan jumlah *fenol*. Basidiospora *Exobasidium Vexans* berkembang cepat saat daun teh terkena embun (kabut setelah hujan), air hujan, dan kondisi lingkungan lainnya (Fauziyah dkk., 2018). Selain itu, penggunaan alat petik tradisional dan kondisi petani saat musim penghujan juga berbeda-beda sehingga produktivitas pemetikan daun teh menjadi terhambat. Akibatnya, perusahaan tidak mampu memenuhi target produksi maupun permintaan konsumen karena kurangnya produktivitas pertumbuhan daun teh maupun kinerja petani saat pemetikan menggunakan alat petik tradisional.

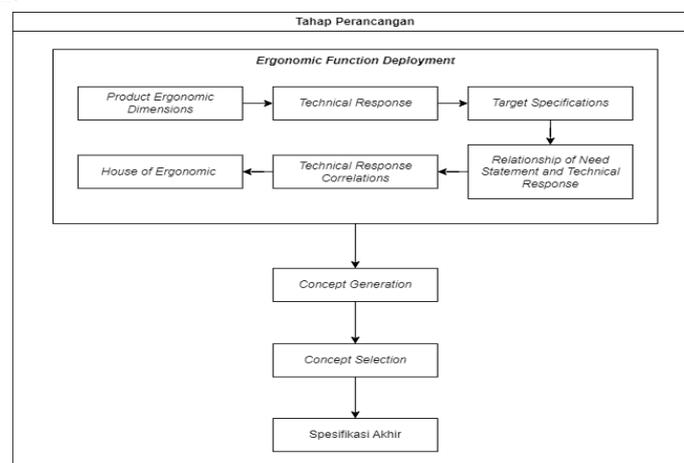
Selain permasalahan produktivitas, terdapat sebuah permasalahan yang berkaitan dengan risiko *Musculoskeletal Disorders (MSDs)* pada petani saat proses pemetikan menggunakan alat petik tradisional. Risiko *Musculoskeletal Disorders (MSDs)* terjadi karena adanya kinerja tubuh dengan beban yang berat dan berulang atau lama dalam

beraktivitas atau bekerja sehingga dapat menyebabkan gangguan atau cedera pada area otot, saraf, tendon, sendi, dan tulang (Centers for Disease Control and Prevention, 2020). Peneliti melakukan pengukuran dan analisis postur kerja petani menggunakan *Rapid Entire Body Assessment (REBA)* sebagai langkah investigasi awal. Setelah dilakukan pengukuran dan analisis terhadap postur kerja petani didapatkan nilai *Rapid Entire Body Assessment (REBA)* sebesar 13. Peneliti juga menggunakan pengukuran *Nordic Body Map (NBM)* untuk mengetahui gangguan yang dirasakan pada bagian tubuh petani teh. Berdasarkan pengukuran *Nordic Body Map (NBM)* dengan jumlah sampel petani teh sebanyak 30 orang dari total jumlah petani 60 orang dengan rentang usia 20-60 tahun, didapatkan hasil berdasarkan tingkat risiko rendah sebanyak 9 orang, risiko sedang sebanyak 13 orang, risiko tinggi sebanyak 8 orang, dan sangat tinggi sebanyak 0 atau tidak ada. Penelitian dilanjutkan dengan melakukan pengukuran dan perhitungan menggunakan *Recommended Weight Limit (RWL)* untuk melihat beban kantung yang di bawa oleh petani teh. Berdasarkan kondisi eksisting, beban kantung yang di bawa oleh petani adalah sebesar 31,25 Kg, saat dilakukan pengukuran dan perhitungan menggunakan *Recommended Weight Limit (RWL)* didapatkan *lifting index* sebesar $1,58 > 1$ sehingga dapat disimpulkan beban yang di bawa tidak aman dan berisiko terjadi gangguan atau cedera.

Hasil pengukuran dan analisis menggunakan *Rapid Entire Body Assessment (REBA)*, *Nordic Body Map (NBM)* dan *Recommended Weight Limit (RWL)*, didapatkan beberapa faktor yang mungkin dapat menyebabkan risiko terjadinya *Musculoskeletal Disorders (MSDs)* pada petani teh adalah gerakan kerja yang *repetitive* (berulang) pada intensitas waktu yang lama, posisi kerja petani, alat petik tradisional yang digunakan untuk memetik daun teh tidak ergonomis, dan beban angkat yang berlebihan. Oleh karena itu, diperlukan alat petik yang dapat mendukung kinerja petani agar dapat meningkatkan produktivitas kerja petani dan mengurangi risiko *Musculoskeletal Disorders (MSDs)*. Dari permasalahan yang telah dijelaskan sebelumnya, peneliti akan merancang alat bantu pemetik daun teh berdasarkan kebutuhan petani dan aspek ergonomi (ENASE: Efektif, Nyaman, Aman, Sehat, dan Efisien) menggunakan Metode *Ergonomic Function Deployment (EFD)*.

METODE

Mekanisme pengumpulan data pada penelitian ini didukung oleh dua jenis data yaitu data primer dan data sekunder. Pengumpulan data primer menggunakan observasi, kuesioner dan wawancara. Sedangkan untuk data sekunder menggunakan studi literatur dan studi dokumen.



Gambar 1. Tahap Perancangan

Mekanisme verifikasi pada penelitian ini dilakukan dengan memeriksa kesesuaian hasil rancangan alat bantu pemetik daun teh sesuai dengan persyaratan atau target spesifikasi

yang telah ditetapkan dan pada tahap validasi, hasil akhir rancangan alat bantu pemetik daun teh akan disimulasikan menggunakan *software* dengan tujuan melihat fungsional alat dan perbandingan penurunan risiko *Musculoskeletal Disorders (MSDs)* berdasarkan nilai *Rapid Entire Body Assessment (REBA)* sebelum dan setelah menggunakan alat bantu pemetik daun teh untuk mengvalidasi kesesuaian hasil akhir rancangan dengan kebutuhan pengguna. Hal ini dikarenakan belum adanya mesin eksisting serupa dan belum dilanjutkannya rancangan desain alat bantu pemetik daun teh ke tahap pembuatan prototipe. Pada penelitian ini penulis berfokus pada proses pemetikan daun teh yang dilakukan dengan alat petik tradisional.

HASIL DAN PEMBAHASAN

VERIFIKASI DAN VALIDASI

VERIFIKASI

Verifikasi pada rancangan alat bantu pemetik daun teh dilakukan dengan memeriksa kesesuaian alat berdasarkan spesifikasi akhir yang telah ditentukan dan referensi konsep desain terpilih. Pada tahap ini rancangan alat bantu pemetik daun teh akan disimulasikan menggunakan *software Autodesk Inventor 2021* dan *Autodesk CFD Ultimate 2021* untuk melihat kekuatan material serta aliran udara pada *vacuum*. Selain itu, verifikasi akan dilakukan dengan menghitung *recommended weight limit (RWL)* usulan, produktivitas setelah usulan rancangan alat bantu pemetik daun teh, dan analisis *rapid entire body assessment (REBA)* usulan. Data verifikasi yang didapatkan akan menjadi pembandingan alat eksisting dengan rancangan alat.

Pemilihan Material

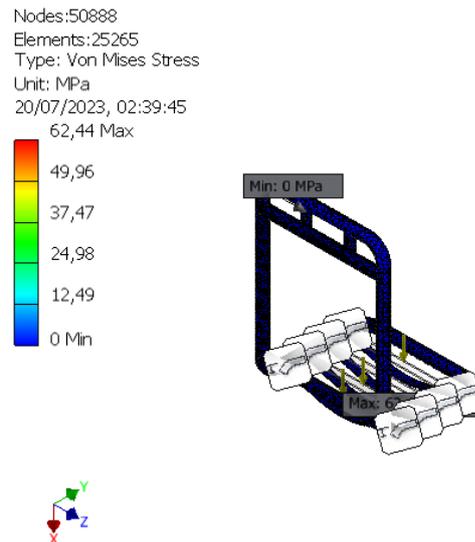
Pemilihan material pada alat bantu pemetik daun teh berdasarkan spesifikasi yang dibutuhkan yaitu material kuat dan tahan karat, diputuskan material pada bagian mata pisau dan kerangka vakum adalah material *stainless steel 17-7PH (UNS S17700)* yang mana memiliki *tensile strength* sebesar 1450 MPa, *yield strength* sebesar 1310 MPa dan *ductility* 1-6% (0.09 C, 17 Cr, 7 Ni, 1.0 Al, 1.0 Mn). Material ini biasa digunakan sebagai pegas, pisau, dan bejana bertekanan (Callister & David Rethwisch, 2014).

Material Stress Analysis

Berikut merupakan hasil *material strength analysis* pada alat bantu pemetik daun teh.

1. Part Bag Frame

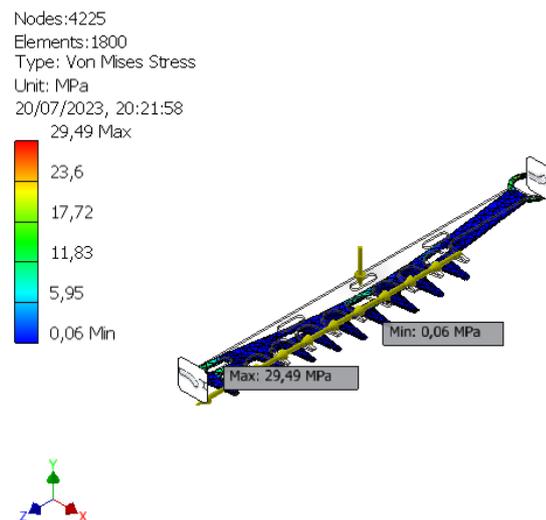
Part Bag Frame merupakan *part* yang digunakan sebagai kerangka bagian belakang alat untuk membawa *vacuum* dan *vacuum bag*. *Part* ini menggunakan material *steel galvanized* atau besi galvanis yang tahan terhadap karat karena dilapisi kromium.



Gambar 2. *Bag Frame Simulation*

Berdasarkan hasil simulasi pada gambar di atas, *von mises stress* maksimum yang dihasilkan dengan beban 147,15 N atau 15 Kg adalah 62,44 MPa, sedangkan material *steel galvanized* memiliki *tensile strength* sebesar 345 MPa dan *yield strength* sebesar 207 MPa sehingga dapat disimpulkan material ini kuat untuk menahan beban tersebut.

2. *Part Blade*

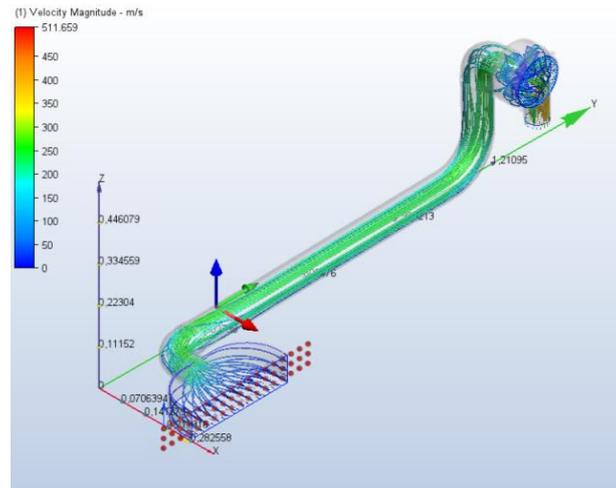


Gambar 3. *Part Blade Simulation*

Berdasarkan hasil simulasi di atas, *von mises stress* maksimum yang dihasilkan dengan beban 98,1 N atau 10 Kg adalah 29,49 MPa , sedangkan material *stainless steel 17-7PH (UNS S17700)* memiliki *tensile strength* sebesar 1450 MPa, *yield strength* sebesar 1310 MPa, sehingga dapat disimpulkan material ini kuat untuk menahan beban dan tidak mudah aus.

Computational Fluid Dynamics (CFD Simulation)

Berikut merupakan hasil *computational fluid dynamics (CFD Simulation)* menggunakan software Autodesk CFD Ultimate 2021.



Gambar 4. Computational Fluid Dynamics (CFD)



Gambar 5. Arah Putaran Impeller

Gambar di atas merupakan simulasi *air flow* pada alat bantu pemetik daun teh untuk menggambarkan daun teh yang telah terpotong akan tersedot oleh *vacuum* dan masuk ke dalam *vacuum bag* yang berada di belakang pengguna atau petani.

Recommended Weight Limit (RWL) Usulan

Berikut merupakan perhitungan *recommended weight limit (RWL)* usulan menggunakan rancangan alat bantu pemetik daun teh.

Tabel 1. Data Postur Pengangkatan Beban (Usulan)

Data	Awal	Akhir
H	25 cm	15 cm
V	52.04 cm	136 cm
D	83.96 cm	
A	0°	0°
F	0.2 lift/min	
Work Duration	≤ 6 jam	
L	5.6 Kg	20 Kg

Tabel 2. *Recommended Weight Limit (RWL) Usulan*

	Awal	Akhir
LC	23 Kg	23 Kg
H	25 cm	15 cm
HM	$25/H = 25/25 = 1$	$25/H = 25/15 = 1.6$
V	52.04 cm	136 cm
VM	$1-(0.003 V-75) = 1-(0.003 (52.04 - 75)) = 1-0.06 = 0.93$	$1-(0.003 V-75) = 1-(0.003 (136 - 75)) = 1-0.183 = 0.81$
D	83.96 cm	
DM	$0.82 + (4.5/D) = 0.82 + (4.5/83.96) = 0.82 + 0.053 = 0.873$	
A	0°	
AM	$1-(0.0032 A) = 1-(0.0032 \times 0) = 1$	$1-(0.0032 A) = 1-(0.0032 \times 0) = 1$
F	0.2 lift/min	
Work Duration	≤ 6 jam	
FM	0.85 (<i>Table frequency multiplier</i>)	
Coupling Type	Baik/Good	
CM	1 (<i>Table coupling multiplier</i>)	
RWL	$LC \times HM \times VM \times DM \times AM \times FM \times CM = 23 \times 1 \times 0.93 \times 0.873 \times 1 \times 0.85 \times 1 = 15.87$	$LC \times HM \times VM \times DM \times AM \times FM \times CM = 23 \times 1.6 \times 0.81 \times 0.873 \times 1 \times 0.85 \times 1 = 22.11$
Berat Beban (L)	5.6 Kg	20 Kg
LI	$L/RWL = 5.6/15.87 = 0.35$	$L/RWL = 20/22.11 = 0.90$

Hasil perhitungan *recommended weight limit (RWL)* di atas, menunjukkan berat bersih alat adalah sebesar 5,6 Kg dan beban akhir maksimum alat saat daun teh penuh 20 Kg atau alat bantu pemetik daun teh dapat menampung daun teh sekitar 14,4 Liter atau 14,4 Kg. Beban awal dan akhir aman digunakan karena *lifting index* usulan < 1 .

Perhitungan Produktivitas Kondisi Usulan

Berdasarkan referensi competitor dengan spesifikasi alat pemetik daun teh yang hampir sama, didapatkan peningkatan hasil pemetikan daun teh sebesar 50 Kg/Jam atau 300 Kg dalam 6 jam. Berikut merupakan perhitungan produktivitas menggunakan rancangan alat bantu pemetik daun teh.

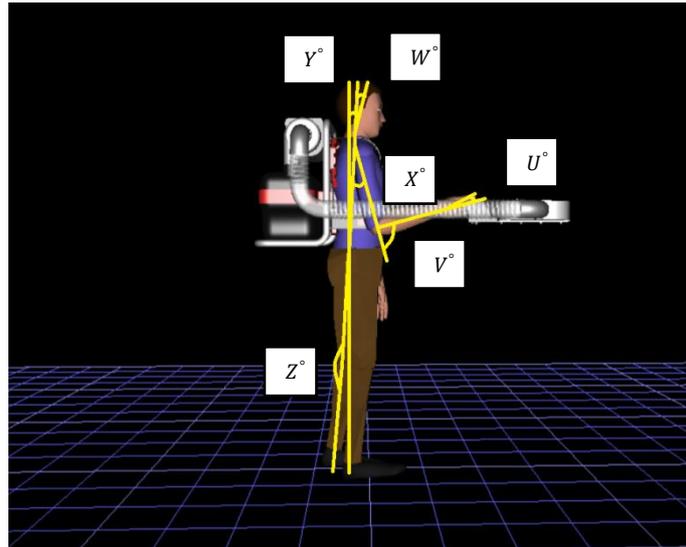
$$\text{Produktivitas} = \frac{\text{Unit yang diproduksi}}{\text{Waktu}}$$

$$\text{Produktivitas} = \frac{300 \text{ Kg Per Proses}}{6 \text{ Jam Per Petani}}$$

$$\text{Produktivitas} = 50 \text{ Kg/Jam}$$

Hasil produktivitas tersebut memungkinkan hasil pemetikan daun teh dapat meningkat hingga 540.000 per bulan sehingga pemenuhan stok atau permintaan dapat terpenuhi.

Postur Kerja Petani (Usulan)



Gambar 6. Postur Kerja Petani (Usulan)

Berdasarkan hasil simulasi *software jack 8.2* sebagai gambaran penggunaan alat bantu pemetik daun teh, dilakukan pengukuran sudut terhadap postur kerja petani didapatkan sudut $U^\circ = 12^\circ$, sudut $V^\circ = 88^\circ$, sudut $W^\circ = 10^\circ$, sudut $X^\circ = 22^\circ$, sudut $Y^\circ = 4^\circ$, dan sudut $Z^\circ = 182^\circ$. Hasil pengukuran sudut tersebut selanjutnya akan dilakukan analisis menggunakan *rapid entire body assessment (REBA)* berikut.

ERGONOMICS PLUS REBA Employee Assessment Worksheet Task Name: Date:

A. Neck, Trunk and Leg Analysis

Step 1: Locate Neck Position
 Neck Score: 1

Step 2: Locate Trunk Position
 Trunk Score: 2

Step 3: Legs
 Leg Score: 1

Step 4: Look-up Posture Score in Table A
 Posture Score A: 2

Step 5: Add Force/Load Score
 Force / Load Score: 2

Step 6: Score A, Find Row in Table C
 Score A: 4

Table A: Neck

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

Table B: Lower Arm

Lower Arm	1	2	3
Wrist	1 2 3	1 2 3	1 2 3
Upper Arm Score	1 2 3 4 5 6 7 8 9	1 2 3 4 5 6 7 8 9	1 2 3 4 5 6 7 8 9

Table C: Score A

Score A	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	1	1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
3	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
4	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
5	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
6	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
7	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
8	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
9	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
10	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
11	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
12	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22

Table C: Score B

Score B	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	1	1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
3	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
4	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
5	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
6	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
7	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
8	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
9	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
10	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
11	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
12	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22

Table C: Final

Table C Score	4	1	5
---------------	---	---	---

B. Arm and Wrist Analysis

Step 7: Locate Upper Arm Position
 Upper Arm Score: 2

Step 8: Locate Lower Arm Position
 Lower Arm Score: 1

Step 9: Locate Wrist Position
 Wrist Score: 1

Step 10: Look-up Posture Score in Table B
 Posture Score B: 1

Step 11: Add Coupling Score
 Coupling Score: 0

Step 12: Score B, Find Column in Table C
 Score B: 1

Step 13: Activity Score
 Activity Score: 1

REBA Score: 5

Scoring:
 1 = Negligible Risk
 2-3 = Low Risk. Change may be needed.
 4-7 = Medium Risk. Further Investigate. Change Soon.
 8-10 = High Risk. Investigate and Implement Change.
 11+ = Very High Risk. Implement Change.

Original Worksheet Developed by Dr. Alan Hedge, Based on Technical note: Rapid Entire Body Assessment (REBA), Hignett, McAtamney, Applied Ergonomics 31 (2000) 201-205

Gambar 7. Lembar Penilaian *Rapid Entire Body Assessment (REBA)* (Usulan)
 (Sumber: Ergonomics Plus, t.t.)

Berdasarkan hasil analisis menggunakan *rapid entire body assessment (REBA)* menggunakan rancangan alat bantu pemetik daun teh didapatkan skor 5 atau bahaya sedang yang diperlukan investigasi kedepan. Skor ini turun sangat jauh dari yang sebelumnya dengan skor 13, hal ini dikarenakan rancangan alat pemetik daun teh dirancang sesuai ukuran antropometri sehingga risiko *Musculoskeletal Disorders (MSDs)* dapat berkurang.

Validasi

Pada tahapan validasi, hasil rancangan yang telah disimulasikan dan di analisis akan diidentifikasi pemenuhan atau ketercapaian secara keseluruhan yang mana mencakup 3 kategori validasi hasil rancangan yaitu target kinerja, *stakeholder requirement*, dan standar acuan. Berikut merupakan validasi hasil rancangan alat pemetik daun teh.

Tabel 3. Validasi Hasil Rancangan

Kategori Validasi	Target Validasi	Ketercapaian
Target Kinerja	Alat mampu memenuhi kebutuhan pengguna dan dapat digunakan sesuai fungsi.	Alat memenuhi kebutuhan dan berjalan sesuai fungsi berdasarkan spesifikasi rancangan.
<i>Stakeholder Requirement</i>	Ketajaman mata pisau	Alat pemetik daun teh menggunakan sudut asahan sebesar 25° sehingga mata pisau tajam dan dapat memotong daun teh.
	Mekanisme kerja alat sederhana	Alat pemetik daun teh memiliki mekanisme kerja yang sederhana yaitu dengan memotong daun teh dan menyedot daun teh melalui <i>vacuum</i> secara otomatis. Selain itu alat juga dapat disesuaikan panjangnya agar petani lebih mudah menjangkau daun teh pada jarak perdu 100 cm.
	Alat dapat menjangkau jarak tertentu	Alat pemetik daun teh dapat disesuaikan panjangnya yaitu 100 cm, mekanisme pemanjangan alat dapat dilihat pada <i>drawing</i> .
	Pegangan atau handle yang nyaman	Pegangan atau handle alat dirancang menggunakan bahan <i>rubber silicone</i> dengan desain kontur sehingga nyaman digunakan. Selain itu bahan <i>rubber silicone</i> tidak menyerap air.
	Keamanan alat saat digunakan	Alat pemetik daun teh aman digunakan karena tangan petani tidak berhadapan langsung dengan mata pisau seperti alat eksisting. Selain itu bahan yang digunakan juga kuat sehingga aman.
	Sambungan mata pisau dengan pegangan atau handle yang kuat dan	Sambungan mata pisau dengan pegangan kuat dan tahan lama karena menggunakan material

	tahan lama	<i>steel galvanized</i> yang mana kuat dan memiliki ketahanan terhadap karat.
	Desain alat ergonomis (ukuran alat eksisiting 28 cm)	Desain alat pemetik daun teh dirancang sesuai dengan data antropometri. Alat memiliki desain ergonomis juga dapat dilihat dari skor REBA usulan yaitu sebesar 5 dari sebelumnya 13.
	Alat memiliki berat yang ringan	Alat memiliki berat bersih yaitu 5,6 Kg (berdasarkan referensi kompetitor) selain itu ukuran volume <i>vacuum bag</i> yaitu 14,4 Liter atau 14,4 Kg. Berdasarkan hasil <i>recommended weight limit (RWL)</i> dengan total berat alat yang direkomendasikan adalah 20 Kg, didapatkan nilai <i>lifting index</i> $0,90 < 1$ sehingga aman digunakan.
	Material tersedia dipasaran	Alat tersedia dipasaran seperti <i>Stainless Steel 17-7PH (UNS S17700)</i> , <i>Steel Galvanized</i> , <i>Rubber Silicone</i> dan lain sebagainya. Selain itu jumlah stok juga mempengaruhi kemudahan pengguna dalam membeli suku cadang.
	Ketahanan Material	Salah satu material yang digunakan adalah <i>Stainless Steel 17-7PH (UNS S17700)</i> yang mana digunakan pada mata pisau dengan kandungan material adalah 0.09 C, 17 Cr, 7 Ni, 1.0 Al, 1.0 Mn. Kromium di atas 11% dengan tambahan Nikel menjadikan material tersebut tahan terhadap karat.
	Kekuatan Material	<i>Stainless Steel 17-7PH (UNS S17700)</i> memiliki <i>tensile strength</i> sebesar 1450 MPa dan <i>yield strength</i> sebesar 1310 MPa yang mana material tersebut biasa diimplementasikan sebagai pear, pisau, atau bejana tekanan.
	Alat petik dapat mengurangi gerakan tangan dan mempercepat proses	Alat pemetik daun teh dapat memotong daun teh secara otomatis dan menyedot daun teh ke dalam <i>vacuum bag</i> sehingga

	petik	dapat mengurangi gerakan tangan dan mempercepat proses pemetikan.
--	-------	-------------------------------------------------------------------

ANALISIS HASIL

Analisis *Recommended Weight Limit (RWL)*

Pada penentuan berat beban yang direkomendasikan atau maksimum untuk di bawa petani the digunakan pengukuran dan perhitungan menggunakan *Recommended Weight Limit (RWL)*. Berdasarkan kondisi eksisting, berat bersih alat adalah 0,5 Kg dengan *lifting index* $0,03 < 1$ atau aman dan total beban yang di bawa sebesar 31,25 Kg dengan *lifting index* $1,58 > 1$ atau tidak aman sehingga perlu dilakukan evaluasi beban yang direkomendasikan. Setelah menggunakan rancangan alat bantu pemetik daun teh didapatkan berat bersih alat adalah 5,6 Kg (referensi competitor) dengan *lifting index* $0,35 < 1$ atau aman dan beban yang di bawa sebesar 20 Kg dengan *lifting index* $0,90 < 1$ atau aman. Dengan mengurangi beban maksimum yang di bawa, petani teh dapat terhindar dari gangguan atau cedera akibat beban yang berlebihan dalam waktu kerja 6 jam.

Analisis Produktivitas

Berdasarkan kondisi eksisting, petani teh memetik daun teh menggunakan alat petik tradisional dengan waktu pemetikan 6 jam. Pemetikan menggunakan alat petik tradisional menghasilkan total 125 Kg/ 6 jam atau sebesar 31,25 Kg/kantung dengan jumlah kantung sebanyak 4. Hasil rancangan alat bantu pemetik daun teh berdasarkan penggabungan referensi dihasilkan alat pemetik daun teh yang dapat memetik daun teh menyedot daun teh secara otomatis, pemotongan secara otomatis dapat menghasilkan daun teh sebesar 50 Kg/jam atau jika pemetikan dilakukan dalam waktu yang sama yaitu 6 jam akan menghasilkan total daun teh 300 Kg/ 6 Jam. Hal ini menunjukkan alat pemetik daun teh dapat mempercepat pemetikan dan meningkatkan produktivitas.

Analisis *Rapid Entire Body Assessment (REBA)*

Analisis menggunakan Rapid Entire Body Assessment (REBA) pada petani teh dilakukan dengan melihat postur kerja eksisting dan usulan setelah menggunakan hasil desain rancangan alat bantu pemetik daun teh. Hasil pengukuran sudut dan analisis skor Rapid Entire Body Assessment (REBA) pada postur kerja eksisting didapatkan skor sebesar 13 atau sangat berbahaya dan diperlukan perubahan. Setelah dilakukan proses perancangan yang memperhitungkan kebutuhan dan desain alat yang ergonomis sesuai dengan data antropometri, hasil analisis Rapid Entire Body Assessment (REBA) pada postur kerja usulan didapatkan skor sebesar 5 atau bahaya sedang. Hal ini menunjukkan hasil rancangan alat bantu pemetik daun teh dapat mengurangi risiko Musculoskeletal Disorders (MSDs).

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan di PT. XYZ yang ditujukan pada objek petani teh, didapatkan permasalahan produktivitas dan *Musculoskeletal Disorders (MSDs)* yang kemudian diselesaikan menggunakan metode *Ergonomic Function Deployment (EFD)*. Dari hasil perancangan menggunakan metode tersebut dan verifikasi hasil

didapatkan kesimpulan sebagai berikut: Produktivitas pemetaan daun teh menggunakan rancangan alat bantu teh dapat meningkatkan hasil pemetaan sebesar 50 Kg/jam. Selain itu rancangan alat bantu pemetik daun teh ini dapat memotong daun teh dan menyedot daun teh menggunakan *vacuum* secara otomatis, sehingga pemetaan dapat lebih cepat dan gerakan tangan secara *repetitive* atau berulang dapat dikurangi. Dengan mempercepat pemetaan daun teh utamanya di musim penghujan, dapat membuat daun teh terhindar dari hama dan penyakit seperti cacar daun akibat *Basidiospora Exobasidium Vexans* yang banyak berkecambah di musim penghujan sehingga mengurangi produktivitas dan kualitas daun teh dan rancangan alat bantu pemetik daun teh di rancang untuk mengurangi risiko *Musculoskeletal Disorders (MSDs)*. Alat bantu pemetik daun teh di rancang berdasarkan acuan data antropometri sehingga petani nyaman. Berdasarkan postur kerja petani sebelum adanya alat bantu pemetik daun teh didapatkan skor *Rapid Entire Body Assessment (REBA)* sebesar 13 sehingga perlu dilakukan tindakan segera, sedangkan setelah menggunakan rancangan alat bantu pemetik daun teh postur kerja petani dapat diperbaiki sehingga didapatkan skor 5. Selain itu beban yang di angkat petani saat kondisi eksiting adalah sebesar 31,25 Kg, dengan melakukan perhitungan *Recommended Weight Limit (RWL)* menggunakan beban 20 Kg didapatkan *lifting index* < 1 sehingga dapat disimpulkan alat memenuhi desain yang ergonomis untuk mengurangi risiko *Musculoskeletal Disorders (MSDs)*. Saran dari peneliti kepada pembaca atau peneliti selanjutnya agar dapat melanjutkan penelitian ini lebih lanjut terkait dengan kinerja rancangan alat bantu pemetik daun teh sehingga dapat lebih dioptimalkan. Selain itu, peneliti juga mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun terhadap penelitian ini agar rancangan alat bantu pemetik daun teh yang dapat memotong dan menyedot daun teh melalui *vacuum* dengan desain ergonomis dapat diimplementasikan secara nyata sehingga bermanfaat bagi masyarakat khususnya petani teh.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG). (2021, Agustus 30). *Prakiraan Musim Hujan Tahun 2021/2022 di Indonesia*. <https://www.bmkg.go.id/iklim/prakiraan-musim.bmkg?p=prakiraan-musim-hujan-tahun-2021-2022-di-indonesia&tag=prakiraan-musim&lang=ID>
- Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG). (2022, September 6). *Prakiraan Musim Hujan Tahun 2022/2023 di Indonesia*. <https://www.bmkg.go.id/iklim/prakiraan-musim.bmkg?p=prakiraan-musim-hujan-tahun-2022-2023-di-indonesia&tag=prakiraan-musim&lang=ID>
- Callister, W. D., & David Rethwisch, J. G. (2014). *Materials Science and Engineering*.
- Centers for Disease Control and Prevention. (2020, Februari 12). *Work-Related Musculoskeletal Disorders & Ergonomics*. <https://www.cdc.gov/workplacehealthpromotion/health-strategies/musculoskeletal-disorders/index.html#print>
- Ergonomics Plus. (t.t.). *ErgoPlus*. Diambil 12 Juli 2023, dari <https://ergo-plus.com/>
- Fauziyah, N., Hadisutrisno, B., & Priyatmojo, A. (2018). Waktu Pemencaran dan Pengaruh Jenis Air terhadap Perkecambahan *Basidiospora Exobasidium vexans*, Penyebab Penyakit Cacar Daun Teh. *Jurnal Perlindungan Tanaman Indonesia*, 22(1), 66. <https://doi.org/10.22146/jpti.23047>
- Kementerian Koordinator Bidang Perekonomian Republik Indonesia. (2022, Maret 24). *Kolaborasi dan Sinergi Untuk Tingkatkan Produksi dan Daya Saing Teh*

Indonesia. <https://www.ekon.go.id/publikasi/detail/3950/kolaborasi-dan-sinergi-untuk-tingkatkan-produksi-dan-daya-saing-teh-indonesia>

Sub Direktorat Statistik Tanaman Perkebunan. (2022). *Statistik Teh Indonesia 2021*.
<https://www.bps.go.id/>