

Analisis Desain Gagang Cangkul Berdasarkan Antropometri Petani Pria dan Beban Kerja Penggunaannya pada Lahan Sawah Di Kecamatan Wedung, Demak, Jawa Tengah

T.N. Sari¹, R. Fil'aini², D. Cahyani³

Abstrak— Cangkul merupakan alat untuk mengolah tanah pada lahan sempit. Pengolahan tanah di Demak masih dilakukan secara manual yaitu menggunakan tenaga manusia, sehingga dapat menimbulkan kelelahan bahkan cedera. Kesesuaian antara mesin/alat dalam hal ini cangkul dengan penggunaannya diperlukan agar tercipta suasana kerja yang efektif, nyaman, aman, sehat dan efisien. Data antropometri dibutuhkan untuk menciptakan kesesuaian tersebut. Tujuan dari penelitian ini untuk menganalisis desain gagang cangkul yang cocok untuk petani pria di kecamatan Wedung, Demak, Jawa Tengah berdasarkan data antropometri, mengetahui beban kerja (kualitatif dan kuantitatif), dan besar konsumsi energi penggunaannya (kkal/ha dan kkal/kuintal). Penelitian ini menggunakan parameter denyut jantung untuk perhitungan konsumsi energi dan beban kerja dari keempat subjek petani pria. Berdasarkan data antropometri rekomendasi panjang gagang cangkul untuk petani pria di kecamatan Wedung, Demak, Jawa Tengah yaitu 79 cm, dengan diameter genggaman gagang cangkul bagian tengah yaitu 2.08 cm, diameter genggaman bagian bawah yaitu 2.48 cm dan panjang genggaman cangkul bagian atas hingga tengah yaitu 9,94 cm. Berdasarkan beban kerja kualitatif, mencangkul dikategorikan pekerjaan “berat” dengan konsumsi energi per hektar yaitu 10322.5 kkal/ha dan konsumsi energi per kuintal tanah tercangkul yaitu 11.11 kkal/kuintal.

Kata Kunci—antropometri, beban kerja, cangkul, konsumsi energi

Abstract — *Hoe is a manual shoveling tool to cultivate on narrow land. Shoveling in Demak is still done manually using human labor, so causing fatigue and even injury. Conformity between the machine/tools in this case the hoe with its users is needed in order to create an effective, comfortable, safe, healthy and efficient work atmosphere. The anthropometric data is needed to create this conformity. This study aims to analyze suitable hoe handle based on anthropometric data of male farmer in Wedung district, Demak, Central Java to find out farmer workload (qualitative and quantitative workload and energy cost (kcal/min.kg, kcal/ha.kg dan kcal/quintal.kg) from each farmer who used the hoe. The four male farmers using heart rate parameter were observed to find out energy cost and workload. Based on anthropometric data, the recommended hoe handle design that suitable for farmers in Wedung district, Demak, Central Java are 79 cm for length, 2.08 cm for diameter of center hoe handle grip, 2.48 for diameter of bottom grip and 9.94 cm for length of top to center hoe handle grip. The qualitative workload, the hoe-shoveling activity is categorized as “heavy work” which is in average consuming 10322.5 kcal/ha energy cost per hectare, and 11.11 kcal/quintal energy cost per quintal shoveling work of soil.*

Keywords—anthropometry, energy cost, hoe, workload

I. PENDAHULUAN

Cangkul merupakan alat yang digunakan untuk membalik, memecah serta meratakan tanah pada petakan lahan yang sempit dimana tidak memungkinkan dilakukan pembajakan. Perbedaan jenis tanah pada tiap daerah mempengaruhi beraneka ragam bentuk, ukuran, dan berat cangkul. Bagian cangkul terdiri atas bilah cangkul yang terbuat dari baja dengan pengerasan pada ujungnya yang berfungsi sebagai pisau, dan gagang cangkul yang terbuat dari kayu [1].

Cangkul biasanya digunakan untuk mengolah tanah

pada lahan sawah yang tidak memungkinkan untuk diolah dengan bajak. Tujuannya untuk meningkatkan produktivitas hasil pertanian berupa padi. Berdasarkan data [2] bahwa Jawa Tengah memiliki produktivitas padi tertinggi kedua setelah Jawa barat yaitu sebesar 57.53 kuintal/Ha. Provinsi Jawa Tengah juga merupakan provinsi dengan luas lahan sawah terbesar kedua setelah Jawa Timur yaitu sebesar 1.04 juta Ha. Penggunaan cangkul di Jawa Tengah tak terkecuali di Kabupaten Demak umum dilakukan. Wedung merupakan kecamatan terluas yang ada di Kabupaten Demak, dengan luas total 9876 Ha dan luas lahan sawah yaitu 5386 Ha. Mata Pencaharian utama penduduk di Wedung adalah sebagai petani [3].

Petani di Wedung menggunakan cangkul untuk

¹Tri Novita Sari, Dosen Teknik Industri, Universitas Indraprasta PGRI, Jakarta. (novitaatri@gmail.com).

²Raizummi Fil'aini., Dosen Teknik Biosistem, Institut Teknologi Sumatra, Lampung. (raizummi.filaini@tbs.itera.ac.id)

³Dwi Cahyani., Dosen Teknik Biosistem, Institut Teknologi Sumatra, Lampung. (dwi.cahyani@tbs.itera.ac.id)

mengolah tanah lahan di sawah. Pengolahan tanah yang menggunakan tenaga manusia menimbulkan kelelahan bahkan cedera. Kesesuaian antara mesin/alat dalam hal ini cangkul dengan penggunaannya diperlukan untuk menciptakan suasana kerja yang efektif, nyaman, aman, sehat dan efisien [4].

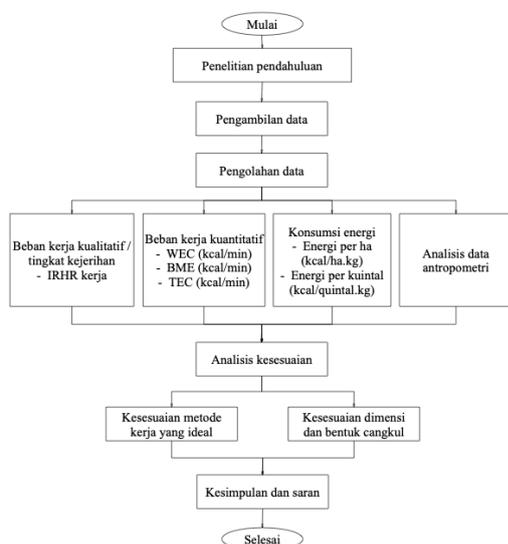
Desain alat dengan menggunakan data antropometri sangat penting dalam menentukan alat dan cara mengoperasikannya. Kesesuaian antara antropometri pekerja dengan alat yang digunakan sangat berpengaruh pada sikap kerja, tingkat kelelahan, kemampuan kerja dan produktivitas kerja [5].

Tujuan dari penelitian ini yaitu menganalisis desain gagang cangkul yang cocok untuk petani pria di kecamatan Wedung, Demak, Jawa Tengah berdasarkan data antropometri, mengetahui beban kerja (kualitatif dan kuantitatif) dan besar konsumsi energi (kcal/ha dan kkal/kuintal) pada setiap petani yang menggunakannya.

II. METODE DAN PROSEDUR

Penelitian dilakukan di Kecamatan Wedung, Demak, Jawa Tengah. Subjek penelitian terdiri dari 4 petani pria. Alat yang digunakan yaitu *Heart Rate Monitor* (HRM) untuk merekam denyut jantung yang dipasang pada dada dan tangan subjek, serta *Heart Rate Monitor Interface* (HRM interface) untuk mentransfer data denyut jantung dari HRM ke komputer.

Tahap penelitian terdiri dari penelitian pendahuluan, pengambilan data, pengolahan data, analisis data serta kesimpulan dan saran.



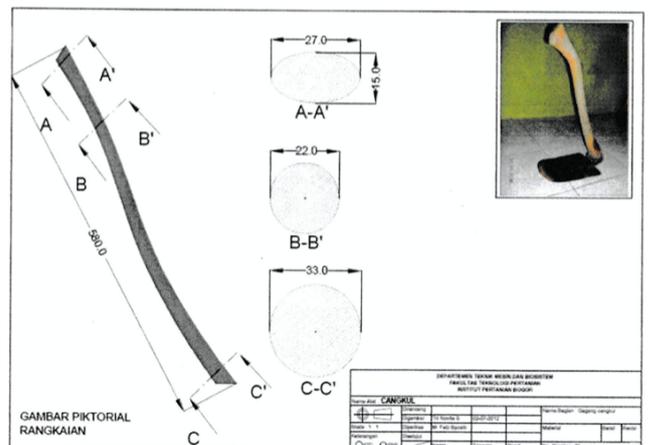
Gambar 1. Kerangka penelitian

1. Penelitian Pendahuluan

Penelitian pendahuluan meliputi mengamati kegiatan dan sistem kerja yang dilakukan petani di lokasi penelitian. Tujuannya untuk menyesuaikan metode pengambilan data yang tepat dengan mengamati proses, waktu dan alat untuk mencangkul.

2. Pengambilan Data

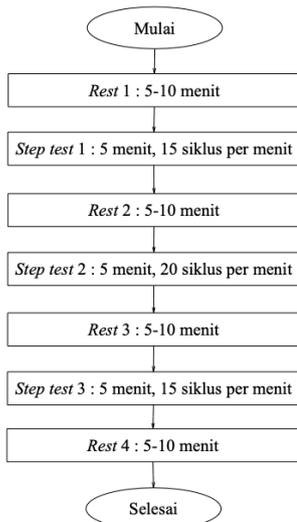
Data yang diambil berupa data primer dan data sekunder. Data primer terdiri dari data persepsi subjektif (keluhan saat menggunakan cangkul), dimensi cangkul, denyut jantung saat kalibrasi *step test* dan mencangkul) serta performansi kerja (berat hasil mencangkul, luas lahan mencangkul, dan frekuensi mencangkul). Keluhan yang dirasakan petani selama menggunakan cangkul yaitu nyeri otot pada bagian pinggang. Dimensi cangkul yang digunakan yaitu panjang gagang 58 cm, panjang bilah 26 cm, lebar bilah 18 cm sudut antara gagang dan bilah 80°, gagang cangkul bagian atas berbentuk elips dengan diameter horizontal 2.7 cm dan diameter vertikal 1.5 cm, gagang bagian tengah berbentuk lingkaran dengan diameter 2.2 cm, gagang bagian bawah berbentuk lingkaran dengan diameter 3.3 cm, serta berat cangkul 2 kg.



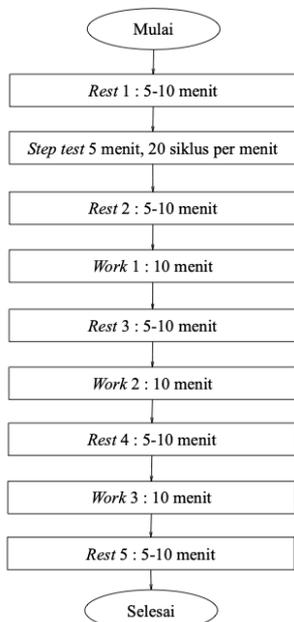
Gambar 2. Dimensi Cangkul sebelum Perbaikan Desain

Pengambilan data denyut jantung meliputi saat kalibrasi *step test* dan mencangkul. *Step test* digunakan sebagai metode untuk mengkalibrasi kenaikan denyut jantung seseorang terhadap kenaikan beban kerja yang dialaminya, karena setiap orang memiliki karakteristik dan kemampuan fisiologis yang berbeda beda. *Step test* dilakukan sebelum pengukuran denyut jantung mencangkul pada setiap subjek dengan cara menaiki bangku setinggi (25-30 cm). *Step test*

dilakukan sebanyak 3 kali dengan siklus yang berbeda [6]. Satu siklus berarti mengikuti ritme (naik kaki kanan, naik kaki kiri, turun kaki kanan, turun kaki kiri) pada bangku. Data denyut jantung saat mencangkul diambil dengan tiga kali pengulangan, dimana setiap pengulangan kerja diukur performansinya berupa luas lahan mencangkul (m²), frekuensi mencangkul (ayuhan/menit) dan berat hasil mencangkul (kg/ayuhan).



Gambar 3. Bagan alir kalibrasi *step test*



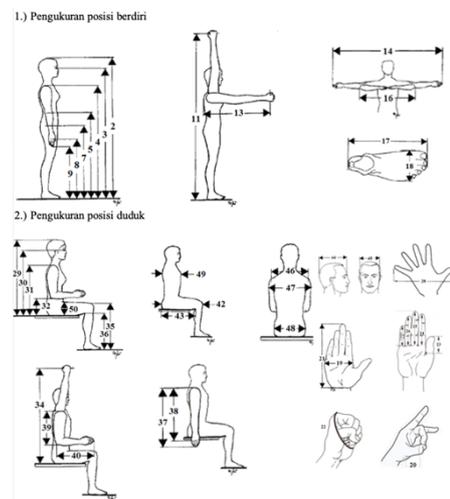
Gambar 4. Bagan alir pengukuran denyut jantung mencangkul

Data sekunder berupa data antropometri petani pria di Kecamatan Wedung, Demak, Jawa Tengah. Data tersebut berdasarkan penelitian [7]. Terdapat

50 data pengukuran tubuh pada posisi berdiri maupun duduk.

Tabel 1. Parameter Pengukuran Antropometri

Pengukuran posisi berdiri		Pengukuran posisi duduk	
No	Pengukuran posisi berdiri	No	Pengukuran posisi duduk
1.	Berat badan	19.	Lebar telapak tangan
2.	Tinggi badan	20.	Diameter genggam tangan (antara ibu jari dan jari tengah)
3.	Tinggi mata	21.	Panjang telapak tangan
4.	Tinggi bahu	22.	Keliling genggam tangan
5.	Tinggi siku tangan	23.	Panjang ibu jari
6.	Tinggi pinggang	24.	Panjang jari telunjuk
7.	Tinggi pinggul	25.	Panjang jari tengah
8.	Tinggi genggam tangan (<i>knuckle</i>)	26.	Panjang jari manis
9.	Tinggi ujung tangan	27.	Panjang jari kelingking
10.	Jangkauan tangan keatas terbuka	28.	Panjang jengkal tangan
11.	Jangkauan tangan keatas mengenggam	29.	Tinggi duduk
12.	Jangkauan tangan kedepan terbuka	30.	Tinggi mata
13.	Jangkauan tangan kedepan mengenggam	31.	Tinggi bahu
14.	Jengkal 2 tangan kesamping terbuka	32.	Tinggi siku tangan
15.	Jengkal 2 tangan kesamping mengenggam	33.	Jangkauan tangan keatas terbuka
16.	Jengkal 2 siku	34.	Jangkauan tangan keatas mengenggam
17.	Panjang telapak kaki	35.	Tinggi lutut
18.	Lebar telapak kaki	36.	Tinggi lipatan lutut dalam (<i>popliteal</i>)
		37.	Jangkauan tangan kebawah terbuka
		38.	Jangkauan tangan kebawah terenggam
		39.	Panjang lengan atas
		40.	Panjang lengan bawah terbuka
		41.	Panjang lengan bawah terenggam
		42.	Jarak pantat-lutut
		43.	Jarak pantat-lipatan lutut dalam (<i>popliteal</i>)
		44.	Panjang kepala
		45.	Lebar kepala
		46.	Lebar bahu (<i>biacromial</i>)
		47.	Lebar bahu (<i>bideltoid</i>)
		48.	Lebar pinggul
		49.	Tebal dada
		50.	Tinggi dudukan paha



Gambar 5. Pengukuran antropometri posisi duduk dan berdiri

3. Pengolahan Data

Pengolahan data terdiri dari menentukan nilai beban kerja (kualitatif dan kuantitatif), konsumsi energi (per ha dan per kuintal) serta menentukan desain gagang cangkul berdasarkan data antropometri. Sebelum menentukan nilai beban kerja, terlebih dahulu harus mengetahui data karakteristik subjek berupa berat badan, tinggi badan, jenis kelamin dan usia.

Data karakteristik subjek digunakan untuk menghitung nilai *Basal Metabolic Energy* (BME) atau jumlah energi yang dibutuhkan tubuh untuk menjalankan fungsi minimal organ tubuh. Nilai BME (kkal/menit) dihitung berdasarkan luas permukaan tubuh dan konversi VO₂. Menurut [8] persamaan luas permukaan tubuh dan konversi BME ke VO₂ adalah sebagai berikut

$$A = H^{0.725} \times w^{0.425} \times 0.007246 \tag{1}$$

dimana :

- A = luas permukaan tubuh (m²)
- H = tinggi badan (cm)
- w = berat badan (kg)

Tabel 2. Konversi BME Ekuivalen VO₂ Berdasarkan Luas Permukaan Tubuh (ml/menit)

1/100 m ²	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1.1	136	137	138	140	141	142	143	145	146	147
1.2	148	150	151	152	153	155	156	157	158	159
1.3	161	162	162	164	166	167	168	169	171	172
1.4	173	174	176	177	178	179	181	182	183	184
1.5	186	187	188	189	190	192	193	194	195	197
1.6	198	199	200	202	203	204	205	207	208	209
1.7	210	212	213	214	215	217	218	219	220	221
1.8	223	224	225	226	228	229	230	231	233	234
1.9	235	236	238	239	240	241	243	244	245	246

Tahap berikutnya melihat grafik hasil perekaman denyut jantung (HR) setiap subjek. HR umumnya dipengaruhi oleh faktor personal, psikologis dan lingkungan, sehingga diperlukan normalisasi HR atau disebut *Increase Ratio of Heart Rate* (IRHR). Terdapat dua IRHR, yaitu IRHR *Step test* (IRHR_{st}) dan IRHR kerja (IRHR_{work}). IRHR_{work} inilah yang disebut beban kerja kualitatif. Menurut [8] persamaan IRHR dan kategori pekerjaan berdasarkan IRHR sebagai berikut:

$$IRHR = \frac{HR\ Work}{HR\ Rest} \tag{2}$$

dimana :

- HR work = denyut jantung kerja (denyut/menit)
- HR rest = denyut jantung saat istirahat (denyut/menit)
- IRHR = tingkat kenaikan denyut jantung

Tabel 3. Kategori Pekerjaan Berdasarkan IRHR

Kategori	Nilai IRHR
Ringan	1.00 ≤ IRHR < 1.25
Sedang	1.25 ≤ IRHR < 1.50
Berat	1.50 ≤ IRHR < 1.75
Sangat berat	1.75 ≤ IRHR < 2.00
Luar biasa berat	2.00 ≤ IRHR

Menurut [6] konsumsi energi saat *step test* (WEC_{st}) dihitung berdasarkan persamaan berikut:

$$WEC_{st} = \frac{w \times g \times 2f \times h}{(4.2 \times 10^3)} \tag{3}$$

dimana:

- WEC_{st} = *Work Energy Cost step test* (kkal/menit)
- w = berat badan (kg)
- g = percepatan gravitasi (m/s²)
- f = frekuensi *step test*, (siklus/menit)
- h = tinggi bangku *step test* (m)

Setiap subjek memiliki empat data WEC_{st} dan IRHR_{st} karena melakukan *step test* dengan empat siklus berbeda, yaitu 0, 15, 20 dan 25 siklus/menit. Terdapat korelasi linier antara WEC_{st} dan IRHR_{st} [6], yaitu:

$$y = ax + b \tag{4}$$

dimana :

- y = IRHR_{work}
- x = WEC (kkal/menit)
- a dan b = konstanta

Beban kerja kuantitatif berupa konsumsi energi saat mencangkul atau WEC (kkal/menit) diperoleh dari persamaan (4). Besar total konsumsi energi saat mencangkul atau TEC (kkal/menit) diperoleh dari penjumlahan WEC dan BME.

Analisis data antropometri untuk pembuatan gagang cangkul dengan menggunakan kesesuaian Selang Alami Gerakan (SAG) yang kemudian disimulasikan dengan software Auto CAD. Analisis tersebut menggunakan persentil 5, 50 dan 95.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Beban Kerja dan Konsumsi Energi

Beban kerja merupakan beban seseorang ketika melakukan suatu kerja. Beban kerja akan diketahui pada saat operator menanggapi kerja dengan memberi respon terhadap denyut jantung atau keluarnya keringat [9]. Hubungan beban kerja dengan konsumsi energi yaitu semakin berat beban kerja seseorang maka semakin tinggi konsumsi energi yang diperlukan [10].

Beban kerja dibagi menjadi dua yaitu beban kerja kualitatif dan beban kerja kuantitatif. Beban kerja kualitatif disebut juga kejerihan kerja. Nilai $IRHR_{work}$ mencerminkan beban kerja kualitatif. Beban kerja kuantitatif merupakan total besar konsumsi energi saat mencangkul. Nilai TEC mencerminkan beban kerja kuantitatif.

Perhitungan beban kerja diawali dengan mengukur karakteristik subjek kemudian menghitung luas permukaan tubuh setiap subjek dengan persamaan (1) dan mengkonversi ke VO_2 dan BME (Tabel 2). Data karakteristik, luas permukaan tubuh dan nilai BME dapat dilihat pada Tabel 4. Semakin besar berat badan, dan tinggi badan maka akan semakin besar luas permukaan tubuh dan konsumsi oksigen atau VO_2 . Nilai VO_2 (ml/menit) kemudian dikonversi ke nilai BME (kkal/menit). Nilai VO_2 ekivalen dengan nilai BME.

Tabel 4. Data Karakteristik, Luas Tubuh Dan Nilai BME

Subjek	Usia (Tahun)	Berat badan (kg)	Tinggi badan (cm)	A (m ²)	VO ₂ (ml/menit)	BME (kkal/menit)
A	43	61.5	157.2	1.63	202	1.01
B	52	58.0	170.0	1.69	209	1.05
C	46	52.0	169.0	1.60	198	0.99
D	49	50.0	172.0	1.60	198	0.99

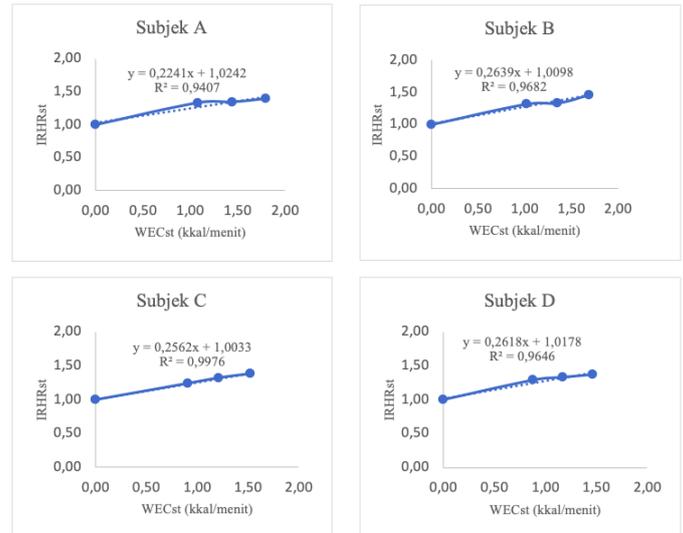
Pada subjek yang memiliki denyut jantung yang tinggi saat istirahat, maka akan semakin tinggi pula denyut jantung saat mencangkul. Nilai kejerihan kerja atau beban kerja kualitatif atau nilai $IRHR_{work}$ dapat dilihat pada Tabel 5. Mencangkul merupakan secara umum merupakan pekerjaan berat bagi petani dengan nilai $IRHR_{work}$ sebesar 1.57.

Tabel 5. Tingkat Beban Kerja Berdasarkan Nilai $IRHR_{work}$

Subjek	$IRHR_{work}$			Rataan $IRHR_{work}$	Tingkat beban kerja/ beban kerja kualitatif
	W1	W2	W3		
A	1.41	1.41	1.38	1.40	Sedang
B	1.65	1.60	1.56	1.60	Berat
C	1.71	1.80	1.74	1.75	Berat
D	1.56	1.56	1.46	1.53	Berat
Rataan ± SD		1.57 ± 0.14			Berat

Seiring bertambahnya siklus *step test* maka denyut jantung semakin tinggi. Denyut jantung yang tinggi menyebabkan nilai tingkat kenaikan denyut jantung saat *step test* ($IRHR_{st}$) pun semakin tinggi oleh karena itu dibutuhkan konsumsi energi (WEC_{st}) yang besar. Korelasi $IRHR_{st}$ dan WEC_{st} dapat dilihat pada Gambar 6.

Gambar 6. Korelasi $IRHR_{st}$ dan WEC_{st}



Korelasi $IRHR_{st}$ dan WEC_{st} menghasilkan persamaan (4), dimana jika dimasukkan nilai $IRHR_{work}$ sebagai nilai y, maka akan diperoleh nilai x atau WEC (kkal/menit). Nilai WEC, BME, TEC dan TEC' dapat dilihat pada Tabel 6. Dapat disimpulkan bahwa subjek C mengeluarkan energi untuk mencangkul yang lebih besar dibanding subjek lain. Semakin besar nilai WEC akan menyebabkan nilai TEC juga semakin besar.

Tabel 6. Tingkat Beban Kerja Berdasarkan Nilai $IRHR_{work}$

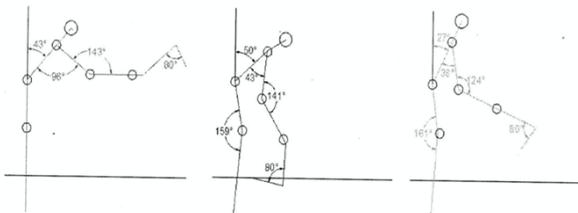
Subjek	Persamaan $IRHR_{st}$ dan WEC_{st}	$IRHR_{work}$ [y]	WEC (kkal/menit) [x]	BME (kkal/menit)	TEC (kkal/menit)
A	$y = 0.2241x + 1.0242$	1.40	1.78	1.01	2.69
B	$y = 0.2639x + 1.0098$	1.60	2.25	1.05	3.28
C	$y = 0.2562x + 1.0033$	1.75	2.92	0.99	3.90
D	$y = 0.2629x + 1.0186$	1.53	1.89	0.99	2.94
Rataan ± SD		1.57 ± 0.14	2.21 ± 0.51	1.01 ± 0.02	3.20 ± 0.52

Nilai konsumsi energi diperoleh dengan membandingkan nilai TEC terhadap data performansi kerja. Data performansi kerja berupa rata-rata luas lahan sawah yang dicangkul oleh keempat subjek yaitu 29.9 m² dalam waktu 9.8 menit, sehingga kapasitas lapangnya yaitu 3.1 m²/menit. Konsumsi energi per hektar yaitu perbandingan nilai TEC terhadap kapasitas lapang, sehingga diperoleh 1.032 kkal/ m² atau 10322.5 kkal/ha.

Data performansi kerja berupa rata-rata frekuensi mencangkul yaitu 32 ayuhan/menit dengan total massa tanah yang tercangkul yaitu 0.9 kg/ayuhan, sehingga berat cangkulan per menit yaitu 28.8 kg/menit. Konsumsi energi per kuintal yaitu perbandingan nilai TEC terhadap berat cangkulan per menit, sehingga diperoleh 0.11 kkal/kg atau 11.11 kkal/kuintal.

2. Data Antropometri

Berdasarkan observasi dan studi literatur SAG, urutan gerakan mencangkul secara umum terdiri dari mengangkat cangkul, membungkukkan badan untuk mengambil tanah dan memindahkan tanah hasil cangkulan. Keseluruhan gerakan tersebut termasuk gerakan ekstrim yang dapat menimbulkan cedera, hal ini dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Sudut pada Gerakan Mencangkul

Pada Gambar 7 terlihat bahwa sudut fleksi punggung saat mengambil tanah yaitu 50° sedangkan berdasarkan SAG maks sudut fleksi punggung adalah 45°. Sudut fleksi siku terhadap lengan berdasarkan SAG yaitu maks 137° namun pada saat mengangkat cangkul dan mengambil tanah yaitu 143° dan 141°. Sudut fleksi lutut berdasarkan SAG yaitu maks 103° namun pada saat mengambil tanah dan memindahkan tanah yaitu 159° dan 161°. Sudut fleksi bahu saat mengangkat cangkul yaitu 96° sedangkan berdasarkan SAG maks sudut fleksi bahu adalah 94°. Hal ini lah yang menyebabkan petani sering merasa nyeri otot pada bagian punggung dan atau pinggang.

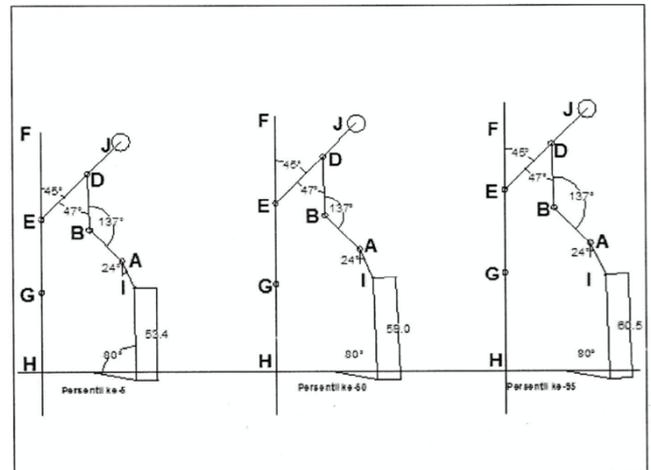
Sebelum mendesain gagang cangkul, kita harus menentukan parameter antropometri yang berhubungan dengan desain berdasarkan Tabel 1. Terdapat 10 parameter antropometri yang berhubungan dalam desain gagang cangkul, seperti yang terdapat pada Tabel 7.

Tabel 7. Parameter Antropometri Desain Gagang Cangkul

No	Parameter
1.	Tinggi badan
2.	Tinggi bahu
3.	Tinggi pinggang
4.	Panjang telapak tangan (sampai jari)
5.	Keliling genggam tangan (antara ibu jari dan jari tengah)
6.	Diameter genggam tangan (antara ibu jari dan jari tengah)
7.	Tinggi lutut
8.	Panjang lengan atas
9.	Lebar telapak tangan
10.	Panjang lengan

Setelah menentukan parameter antropometri dan sudut tubuh yang aman berdasarkan SAG

dalam desain cangkul, kemudian melakukan simulasi desain gagang cangkul dengan *software* Auto Cad. Simulasi tersebut menggunakan persentil 5, 50 dan 95 seperti yang terlihat pada Gambar 8.



Pada gambar 8 terlihat panjang gagang cangkul persentil 5, 50 dan 95 berurutan adalah 53.4 cm, 59 cm dan 60.5 cm. Panjang gagang tersebut merupakan panjang dari genggam tangan petani (bagian tengah gagang) sampai bilah cangkul masuk kedalam tanah sedalam ±10.7 cm. Sedangkan panjang gagang cangkul bagian atas hingga genggam tangan (tengah) adalah sebesar 20 cm. Panjang rekomendasi gagang cangkul berdasarkan persentil 5, 50 dan 95 berurutan adalah 73.4 cm, 79 cm dan 80.5 cm. Dalam pembuatan cangkul, pabrik tidak membuatnya secara persentil. Hal ini berarti pabrik akan membuat cangkul untuk petani di Kecamatan Wedung, Demak, Jawa Tengah dengan ukuran yang sama. Panjang gagang cangkul dengan persentil 50 (79 cm) merupakan rekomendasi yang baik dengan tujuan sebanyak 50% populasi dapat menggunakannya.

Penentuan diameter gagang cangkul memperhatikan parameter antropometri berupa diameter genggam tangan (antara ibu jari dan jari tengah), keliling genggam tangan dan lebar telapak tangan dengan data sebagai berikut.

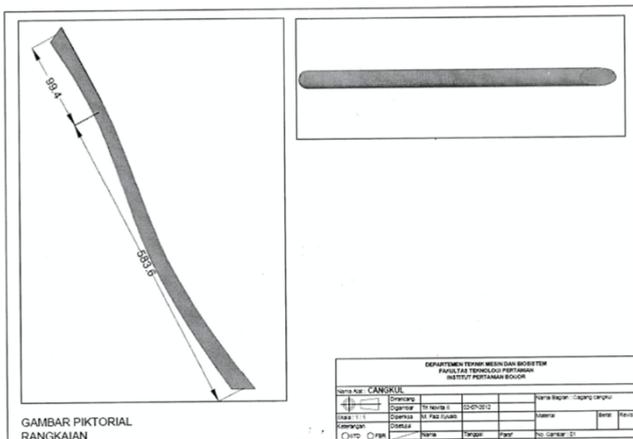
Tabel 8. Parameter Antropometri Terkait Desain Diameter Gagang Cangkul

Parameter (satuan cm)	Persentil ke-		
	5	50	95
Diameter genggam tangan (antara ibu jari dan jari tengah)	3.28	4.28	5.03
Keliling genggam tangan	10.30	13.42	15.79
Lebar telapak tangan	7.34	8.10	8.94

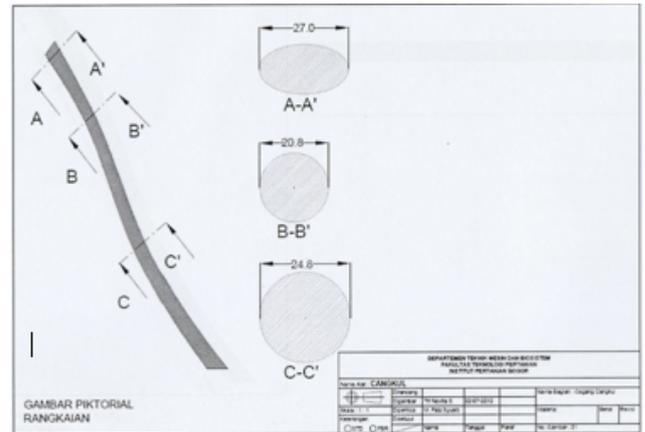
Pada saat menggenggam cangkul bagian tengah terjadi *overlap* pada ibu jari dan jari tengah sebesar 1.5 ruas jari atau 3.75 cm. Keliling genggam tangan setelah dikurangi *overlap* pada persentil 5, 50 dan 95 berurutan adalah 6.55 cm, 9.67 cm dan 12.04 cm, sehingga diperoleh diameter genggam tangan untuk persentil 5, 50 dan 95 berurutan yaitu 2.08 cm, 3.08 cm dan 3.83 cm. Rekomendasi diameter genggam tangan bagian gagang menggunakan persentil 5 agar dapat mengakomodasi populasi yang lebih luas, yaitu 2.08 cm.

Pada saat menggenggam cangkul bagian bawah terjadi *overlap* pada ibu jari dan jari tengah sebesar 1 ruas jari atau 2.5 cm. Keliling genggam tangan setelah dikurangi *overlap* pada persentil 5, 50 dan 95 berurutan adalah 7.80 cm, 10.92 cm dan 13.29 cm, sehingga diperoleh diameter genggam tangan untuk persentil 5, 50 dan 95 berurutan yaitu 2.48 cm, 3.48 cm dan 4.23 cm. Rekomendasi diameter genggam tangan bagian bawah gagang menggunakan persentil 5 agar dapat mengakomodasi populasi yang lebih luas, yaitu 2.48 cm.

Lebar telapak tangan ditambah 1 cm sebagai *clearance* dapat digunakan untuk menentukan panjang gagang genggam cangkul bagian atas hingga tengah. Rekomendasi panjang gagang genggam bagian atas hingga tengah menggunakan persentil 95 yaitu 9.94 cm karena untuk mengakomodir ukuran terbesar dari lebar telapak tangan. Rekomendasi desain gagang cangkul dapat pada gambar 9 dan 10.



Gambar 9. Rekomendasi Panjang Gagang Cangkul



Gambar 10. Rekomendasi Diameter Gagang Cangkul

IV.KESIMPULAN

Desain gagang cangkul di lokasi penelitian belum sesuai dengan antropometri penggunaannya, baik panjang maupun diameter gagang cangkul. Hal ini menyebabkan petani sering mengalami nyeri otot pada pinggang dan atau punggung.

Panjang gagang cangkul sebelum perbaikan desain yaitu 58 cm sedangkan rekomendasi untuk perbaikan desain yaitu 79 cm. Diameter gagang cangkul bagian atas baik sebelum maupun setelah perbaikan desain tidak mengalami perubahan, yaitu berbentuk elips (diameter horizontal yaitu 2.7 cm dan diameter vertikal yaitu 1.5 cm).

Diameter gagang cangkul pada bagian tengah sebelum perbaikan desain yaitu 2.20 cm sedangkan rekomendasi untuk perbaikan desain adalah 2.08 cm. Diameter gagang cangkul pada bagian bawah sebelum perbaikan desain yaitu 3.30 cm sedangkan rekomendasi untuk perbaikan desain adalah 2.48 cm, serta panjang gagang genggam bagian atas hingga tengah yaitu 9.94 cm.

Berdasarkan beban kerja kualitatif atau kejerihan kerja, mencangkul termasuk pekerjaan yang berat dengan nilai indikator berupa $IRHR_{work}$ yaitu sebesar 1.57. Beban kerja kuantitatif atau energi total yang dibutuhkan untuk mencangkul berupa nilai TEC yaitu sebesar 3.20 kkal/menit.

Konsumsi energi yang dikeluarkan untuk mencangkul tiap luasan lahan yang dicangkul yaitu sebesar 1.032 kkal/ m² atau 10322.5 kkal/ha. Konsumsi energi yang dikeluarkan untuk mencangkul tiap massa tanah yang dicangkul yaitu sebesar 0.11 kkal/kg atau 11.11 kkal/kuintal.

REFERENCES

- [1] Kurniadi, "Mempelajari Pengaruh Berat Cangkul yang Berbeda Terhadap Pengeluaran Energi Tubuh, Kapasitas dan Efisiensi Kerja Pencangkulan," Fakultas Teknologi Pertanian, Bogor, 1990.
- [2] BPS, "Luas Panen, Produksi dan Produktivitas Padi menurut Provinsi 2018-2019," Badan Pusat Statistik, 13 Februari 2020. [Online]. Available: <https://www.bps.go.id/subject/53/tanaman-pangan.html#subjekViewTab3>. [Accessed 29 Juli 2020].
- [3] BPS, Demak Dalam Angka, Demak: Badan Pusat Statistik Kabupaten Demak, 2011.
- [4] Satalaksana and Z. Iftar, Teknik Tata Cara Kerja, Bandung: Institut Teknologi Bandung, 1979.
- [5] Tarwaka and H. Solichul, Ergonomi Untuk Keselamatan, Kesehatan Kerja dan Produktivitas, Surakarta: Uniba Press, 2004.
- [6] S. e. a. Herodian, Pengembangan Laboratorium Virtual Mata Kuliah Ergonomika dan Keselamatan Kerja Berbasis E-Learning, Bogor: Ergonomika dan Elektronika Pertanian TMB, 2007.
- [7] I. Hanani, "Studi Antropometri Petani dan Aplikasinya pada Penggunaan Knapsack Sprayer di Kecamatan Wedung, Kabupaten Demak, Jawa Tengah," Fakultas Teknologi Pertanian Institut Pertanian Bogor, Bogor, 2012.
- [8] M. F. Syaib, "Ergonomics Study on The Process of Mastering Tractor Operation," Tokyo University of Agriculture and Technology, Tokyo, 2003.
- [9] L. Rasyani, "Pengukuran Beban Kerja Lokal pada Otot dengan Menggunakan Elektromiograf pada Operator Penggiling Jagung Semi-Mekanis," Fakultas Teknologi Pertanian Institut Pertanian Bogor, Bogor, 2001.
- [10] F. Hermana, "Analisis Tingkat Beban Kerja Fisik Berbagai Aktivitas di Lahan Perkebunan Karet PT. BRAHMA BINABAKTI, Jambi," Fakultas Teknologi Pertanian Institut Pertanian Bogor, Bogor, 1999.
- [11] R. S. Bridger, Introduction to Ergonomics, London & Newyork: Taylor & Francis, 2003.
- [12] R. Harianto, "Aplikasi Ergonomi Individu Pekerja di Tempat Kerja," *Jurnal Kedokteran Trisakti*, vol. 22, no. 1, pp. 17-23, 2003.
- [13] H. Helmayanti, "Analisis Beban Kerja pada Aktivitas Pemetikan Teh secara Manual di PT Perkebunan Nusantara VIII Kebun Gunung Mas, Cisarua, Bogor, Jawa Barat," Fakultas Teknologi Pertanian Institut Pertanian Bogor, Bogor, 2011.
- [14] S. Herodian, S. Lenny and M. Kusen, Panduan Praktikum Ergonomika, Bogor: The Faculty of Agricultural Engineering and Technology, 1999.
- [15] R. Kastaman and S. Herodian, "Studi Kalibrasi Data Pengukuran Beban Kerja dengan Menggunakan Metode Step Test dan Ergometer," *Buletin Keteknikan Pertanian*, vol. 12, no. 1, pp. 35-45, 1998.
- [16] K. H. E. Kroemer and G. E, Fitting Task to The Human, London: Taylor & Francis, 1997.
- [17] Lovita, "Analisis Beban Kerja pada Pembuatan Guludan di Lahan Kering (Studi Kasus : Analisis Komparatif Kerja Manual dengan Cangkul dan Mekanis dengan Walking Type Cultivator)," Fakultas Teknologi Pertanian Institut Pertanian Bogor, Bogor, 2009.
- [18] E. Nurmianto, Ergonomi Konsep Dasar dan Aplikasinya, Surabaya: Guna Widya, 2004.
- [19] D. R. Pratama, Antropometri Petani Wanita dan Aplikasinya pada Desain Gagang Sabit, Bogor: Fakultas Teknologi Pertanian Institut Pertanian Bogor, 2011.
- [20] M. D. Rahmawan, "Antropometri Petani Pria dan Aplikasinya pada Desain Gagang Cangkul (Studi Kasus di Kecamatan Dramaga, Kabupaten Bogor)," Fakultas Teknologi Pertanian Institut Pertanian Bogor, Bogor, 2011.
- [21] S. M. Sanders and C. Mc, Human Factor Engineering and Design 7th Edition, New Delhi: Mc Graw Hill, 1993.