

## Analisis beban kerja operator pada pengoperasian trailer pivot II menggunakan traktor roda dua dengan roda besi termodifikasi di lahan miring

Safrizal<sup>1</sup>, Zulkhairi<sup>1</sup>, Syafriandi<sup>1</sup>, Muhammad Dhafir<sup>1</sup>, Sudarma JA<sup>2</sup> dan Muhammad Idkham<sup>\*1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian Universitas Syiah Kuala

<sup>2</sup>Fakultas Pertanian, Universitas Gunung Leuser

Email: \*idham\_desky@unsyiah.ac.id

### ABSTRAK

Desain penggandengan *trailer pivot* pada traktor roda dua sudah dilakukan penambahan roda bantu dibawah tempat duduk operator dan penambahan pin pivot, dimana hal ini agar memudahkan operator memanuver trailer yang digandengkan pada traktor saat melintasi lahan yang bergelombang dan belokan. Namun penggandengan ini masih memiliki kelemahan, diantaranya kurang ergonomis pada tempat duduk operator, penempatan kaki operator yang belum bisa menyesuaikan dengan setiap operator dan tidak ada sistem pengereman yang akan mengakibatkan trailer tidak dapat berbelok dengan sempurna di lahan miring, begitu pula dengan penggunaan roda traktor yang dapat menyesuaikan dengan berbagai lahan miring dan tidak menyebabkan kesulitan pada saat pengangkutan hasil panen, oleh karena itu perlu dilakukan modifikasi lebih lanjut. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis beban kerja operator pada pengoperasian trailer pivot II menggunakan traktor roda dua dengan roda besi termodifikasi di lahan miring sawit. Metode yang digunakan yaitu metode deskriptif kuantitatif. Tahapan pengujian dilakukan pada lahan datar (0°) dan lahan miring (10°, 30°) dengan pengambilan data awal yaitu data antropometri, data denyut jantung baik pada saat *steptest* dan saat pengoperasian. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengoperasian traktor dengan trailer pivot II menggunakan roda besi termodifikasi pada beberapa variasi kemiringan lahan (0°, 10°, dan 30°) masing-masing menunjukkan nilai *Increase Ratio of Heart Rate* (IRHR) sebesar 1,04-1,07, 1,07-1,19 dan 1,10-1,24 dengan tingkat beban kerja rata-rata "Ringan". Sedangkan energi rata-rata yang dikeluarkan operator per berat badan dalam mengendarai trailer pivot II pada di lahan datar diperoleh nilai rata-rata yaitu 1,18–1,45 kkal/kg.jam. Pada lahan miring 10° mempunyai nilai 1,40–2,10 kkal/kg.jam. Sedangkan pada lahan 30° adalah 1,62–2,34 kkal/kg.jam.

**Kata kunci:** beban kerja, lahan miring, trailer pivot II, traktor roda dua, roda besi termodifikasi.

### ABSTRACT

*The design of the pivot trailer towing on the two-wheeled tractor has included the addition of an auxiliary wheel under the operator's seat and the addition of a pivot pin, which makes it easier for the operator to maneuver the trailer towed on the tractor when traversing bumpy terrain and turns. However, this coupling still has weaknesses, including the lack of ergonomics in the operator's seat, the placement of the operator's feet that have not been able to adapt to each operator and there is no braking system which will result in the trailer not being able to turn perfectly on sloping land, as well as the use of tractor wheels that can adapt to a variety of sloping land and does not cause difficulties when transporting crops, therefore further modification is necessary. The purpose of this study was to analyze the operator's workload on the operation of the trailer pivot II using a two-wheeled tractor with modified iron wheels on an oil palm sloping land. The method used is descriptive quantitative method. The testing stages were carried out on flat land (0°) and sloping land (10°, 30°) with initial data collection, namely anthropometric data, heart rate data both at the time of the *steptest* and during operation. The results showed that the operation of the tractor with trailer pivot II using modified iron wheels on several variations of land slope (0°, 10°, and 30°) each*

*showed an Increase Ratio of Heart Rate (IRHR) value of 1,04-1,07, 1,07-1,19 and 1,10-1,24 with an average workload level of "Light". Meanwhile, the average energy expended by the operator per body weight in driving the pivot II trailer on flat land obtained an average value of 1.18–1.45 kcal/kg.hour. On sloping land 10° has a value of 1,40–2,10 kcal/kg.hour. While at 30° land is 1,62–2,34 kcal/kg.hour.*

**Keywords:** *modified cast iron wheel, pivot II trailer, sloping land, two wheel tractor, workload.*

## 1. PENDAHULUAN

Kelapa sawit merupakan tanaman perkebunan sebagai bahan baku penghasil minyak masak, minyak industri, maupun bahan bakar (biodiesel). Kelapa sawit menjadi peranan penting dalam dunia industri minyak yaitu dapat menggantikan kelapa sebagai sumber bahan bakunya. Seperti yang kita lihat sekarang ini rata-rata setiap perkebunan kelapa sawit menghasilkan keuntungan besar sehingga perbukitan atau perkebunan lama dikonversikan menjadi perkebunan kelapa sawit. Perkembangan panen kelapa sawit yang semakin meningkat memiliki keterkaitan dengan pengangkutan untuk mencapai pengolahan kelapa sawit menjadi minyak. Menurut [Dhafir, et al. \[1\]](#) di Indonesia penggunaan traktor roda dua sebenarnya tidak hanya digunakan untuk pengolahan tanah, tetapi juga dapat digunakan sebagai alat transportasi produk pertanian di lahan pertanian jika digunakan trailer pengangkut. Trailer yang digandengkan dengan traktor roda dua merupakan salah satu alat angkut yang umum digunakan oleh petani Indonesia. Namun dari sisi ergonomika, penggunaan trailer dan traktor roda dua sangat kurang ergonomis pada saat pengoperasian di lahan miring dan dapat menghasilkan beban kerja yang berlebihan.

Beban kerja merupakan kelelahan yang di alami seseorang yang melampaui batas dalam aktifitas pekerjaan. Kelelahan kerja disebabkan oleh faktor individu, dan faktor dari luar seperti lingkungan kerja. Semua jenis kegiatan, formal dan informal dapat menyebabkan kelelahan. Kelelahan dapat berdampak signifikan terhadap kesehatan energi kerja dan menurunkan produktivitas, ditandai dengan melemahnya energi kerja di tempat kerja, yang mengakibatkan kelalaian kerja dan kecelakaan fatal [2]. Peningkatan konsumsi oksigen akan mempengaruhi tergantung pada beban kerja yang di alami. Hal ini menyatakan bahwa, apabila tinggi beban kerja maka semakin tinggi juga asupan oksigen.

Manusia pada dasarnya memiliki dimensi tubuh seperti berat, tinggi, lebar dan lain sebagainya yang berbeda satu dengan yang lainnya. Data dimensi tubuh manusia di namakan dengan data antropometrik, data ini dapat digunakan secara luas untuk pertimbangan ergonomis dalam interaksi manusia [3]. Setiap operator memiliki data antropometri yang berbeda, baik dari segi kenyamanan, dimensi tubuh, kekuatan, kemampuan mental dan lain sebagainya. Faktor lingkungan dan tekanan pada saat pengoperasian traktor akan mengakibatkan fisik yang cukup besar bagi operator. sehingga aspek ergonomis operator perlu dipertimbangkan untuk efektifitas kinerja sistem mesin tersebut [4].

Pengujian sistem penggandengan *trailer pivot* pada traktor roda dua di lahan miring perkebunan kelapa sawit ini masih memiliki beberapa kelemahan, diantaranya yaitu tempat duduk operator yang belum bisa menyesuaikan dengan setiap operator dan tidak ada sistem pengereman yang akan mengakibatkan *trailer* tidak dapat berbelok dengan sempurna pada saat pengoperasian di lahan miring, begitu pula dengan penggunaan roda traktor yang dapat menyesuaikan dengan berbagai lahan miring dan tidak menyebabkan kesulitan pada saat pengangkutan hasil panen Tandan Buah Segar (TBS) [5].

Menurut [Dhafir, et al. \[6\]](#), lahan perkebunan sawit yang berlereng membutuhkan roda khusus yaitu roda besi termodifikasi dari roda sangkar (*cage wheel*) *existing*, roda besi termodifikasi menggunakan penyetelan sudut sirip yang dapat menyesuaikan kondisi tingkat kemiringan di lahan sawit dan dapat memperoleh beban kerja operator yang lebih rendah. Oleh karena itu, perlu adanya

modifikasi *trailer* untuk mengukur beban kerja operator dengan metode denyut jantung yang dihasilkan pada saat pengoperasian *trailer pivot II* pada traktor roda dua menggunakan roda besi termodifikasi untuk menentukan *trailer pivot II* yang efektif digunakan. Adapun tujuan penelitian adalah menganalisis dan membandingkan beban kerja operator pada pengoperasian *trailer pivot II* menggunakan traktor roda dua dengan roda besi termodifikasi di lahan perkebunan kelapa sawit.

## 2. METODE

Penelitian ini dilakukan di perkebunan kelapa sawit di Gampong Jalin Kota Jantho Kabupaten Aceh Besar Provinsi Aceh. Sedangkan untuk pengolahan data dilakukan di Laboratorium Pusat Mekanisasi Pertanian Program Studi Teknik Pertanian Universitas Syiah Kuala Banda Aceh.

### 2.1 Alat dan Bahan

Alat dan bahan pada penelitian pengoperasian *trailer tipe pivot II* menggunakan hand traktor dengan roda sangkar yang dilaksanakan pada lahan sawit yang terletak di Desa Data Cut Kecamatan Jantho Kabupaten Aceh Besar, antara lain traktor roda dua merk Yanmar model TF 85-MLY di daya 8,5 DK/2200 ppm, dengan dimensi panjang 2640 mm, lebar 765 mm, tinggi 1060 mm, berat 251 kg dan jarak tapak roda traktor (*Wheel Tread*) 840 mm. *Trailer* yang digunakan adalah *trailer tipe pivot II* dengan panjang 1200 mm, lebar 900 mm, tinggi 350 mm, jarak tapak roda *trailer (Wheel Tread)* 1080 mm. Pengujian-pengujian menggunakan instrumen dan alat ukur serta bahan seperti : Magene *Heart Rate Monitor* (HRM), stopwatch, *digital metronom*, *handycam*, meteran, timbangan, *waterpass*, kamera *digital* 18 MP, solar, TBS sawit dengan berat total berkisar 115,4 kg, baterai serta alat-alat tulis.

### 2.2 Prosedur Penelitian

Metode pelaksanaan penelitian ini menggunakan metode analisis deskriptif kuantitatif dimana menggambarkan, menjelaskan, atau meringkaskan berbagaikondisi, situasi, atau berbagai variabel penelitian menurut kejadian sebagaimana adanya yang bisa dipotret, diwawancara, diobservasi, serta dapat diungkapkan melalui bahan-bahan dokumenter. Kegiatan penelitian ini diawali dengan observasi lapangan untuk menentukan tempat ataupun lokasi penelitian yang representatif, menyesuaikan tempat pengambilan data yang tepat sesuai tujuan penelitian, menentukan subjek, perlakuan, kemiringan lahan serta panjang lintasan yang akan digunakan, diantaranya : (1) Lahan yang digunakan untuk lintasan adalah lahan sawit dengan lintasan datar, miring 10°, miring 30° ; (2) membuat lintasan dengan sudut belokan 45° dan 90° ; (3) menyediakan tandan sawit sebagai muatan untuk trailer. Kemudian mengambil data awal meliputi pengambilan data antropometri persubjek yang terdiri dari 3 (tiga) operator, kalibrasi *steptest*, serta perekaman data denyut jantung pada saat aktivitas mengoperasikan traktor dengan *trailer tipe pivot II*.

### 2.3 Prosedur Penelitian

Metode pelaksanaan penelitian ini menggunakan metode analisis deskriptif kuantitatif dimana menggambarkan, menjelaskan, atau meringkaskan berbagaikondisi, situasi, atau berbagai variabel penelitian menurut kejadian sebagaimana adanya yang bisa dipotret, diwawancara, diobservasi, serta dapat diungkapkan melalui bahan-bahan dokumenter. Kegiatan penelitian ini diawali dengan observasi lapangan untuk menentukan tempat ataupun lokasi penelitian yang representatif, menyesuaikan tempat pengambilan data yang tepat sesuai tujuan penelitian, menentukan subjek, perlakuan, kemiringan lahan serta panjang lintasan yang akan digunakan, diantaranya : (1) Lahan yang digunakan untuk lintasan adalah lahan sawit dengan lintasan datar, miring 10°, miring 30° ; (2) membuat lintasan dengan sudut belokan 45° dan 90° ; (3) menyediakan tandan sawit sebagai muatan untuk trailer. Kemudian mengambil data awal meliputi pengambilan data antropometri

persubjek yang terdiri dari 3 (tiga) operator, kalibrasi *steptest*, serta perekaman data denyut jantung pada saat aktivitas mengoperasikan traktor dengan *trailer tipe pivot II*.

#### 2.4 Pengukuran Metabolisme Basal (*Basal Metabolic Energy / BME*)

*Metabolisme Basal* (BME) adalah jumlah energi yang dikonsumsi agar bisa menjalankan minimal fungsi fisiologis. Cara yang biasa diaplikasikan untuk menentukan data BME yaitu menghitung ukuran tubuh (luas permukaan tubuh) kemudian diubah menjadi volume oksigen ( $VO_2$ ). Luas areal tubuh dapat dihitung dengan persamaan rumus Du`Bois [7].

$$A = A = h^{0.725} w^{0.425} \times 0.007246 \quad (1)$$

Dimana :

- A : Luas Permukaan Tubuh ( $m^2$ )
- h : Tinggi Tubuh (cm)
- w : Berat Tubuh (kg)

#### 2.5 Pengukuran Beban Kerja Kuantitatif

Untuk menentukan nilai beban kerja kuantitatif dimulai dengan pengambilan data kalibrasi pengukuran denyut jantung menggunakan metode *step test* (ST) di kalibrasi dengan menggunakan HRM (*Heart Rate Monitor*) yang dikaitkan pada dada subjek (operator), Ritme kecepatan langkah pada saat *step test* dilakukan yang diukur berkisar pada frekuensi 20, 25, dan 30 siklus/menit.

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

Dimana :

- $WEC_{ST}$  : *Work Energy Cost* saat *step test* (kkal/menit)
- N : ulangan
- W : Berat badan (kg)
- g : percepatan gravitasi ( $9,8 \text{ m/detik}^2$ )
- f : frekuensi *step test*
- H : tinggi bangku *step test* (meter)
- $4,2 \times 10^3$  : faktor kalibrasi satuan dari Joule menjadi Kkalori

Saat melakukan KST, denyut jantung operator secara otomatis akan terekam di dalam HRM. Untuk menghindari subjektivitas nilai denyut jantung (*heart rate*) pada umumnya sangat dipengaruhi oleh faktor-faktor personal, psikologis dan lingkungan, maka perhitungan nilai HR harus dinormalisasikan agar diperoleh nilai HR yang objektif [7]. Untuk menentukan nilai *Increase Ratio of Heart Rate* (IRHR) maka dilakukan perbandingan HR relatif saat kerja terhadap HR saat istirahat. Hasil pengukuran KST dimasukkan ke dalam media komputer, diplot pada grafik dan dianalisa rata-rata denyut jantung menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$IRHT_{steptest} = \frac{HR_{Stn}}{HR_{Reastn}} \quad (3)$$

Grafik untuk melihat korelasi antara  $WEC_{ST}$  dengan IRHR sehingga diperoleh persamaan dengan bentuk umum untuk masing-masing subjek yang memiliki persamaan fungsi :

$$Y = Ax + b \quad (4)$$

Dimana :

Y : IRHR

X : WEC (kkal/menit)

Nilai IRHR yang telah didapatkan dimasukkan ke dalam persamaan sebagai nilai “Y” sehingga akan dapat diketahui nilai “X” yang merupakan nilai konsumsi energi (WEC) saat melakukan aktivitas kerja didapatkan pada persamaan subjek dalam nilai ‘X’ dan nilai ‘Y’ sebagai nilai IRHR. Selanjutnya dihitung *Total Energy Cost* (TEC).

$$TEC = WEC + BME \quad (5)$$

Dimana :

TEC : *Total Energy Cost* (kkal/menit)

WEC : *Work Energy Cost* (kkal/menit)

BME : *Basal Metabolic Energy* (kkal/menit)

Berat badan pada dasarnya juga menjadi beban kerja, maka dinormalisasi dengan cara menghilangkan pengaruh berat badan dengan persamaan berikut :

$$TEC' = \frac{TEC}{W} \quad (6)$$

Dimana :

TEC' : *Total Energy Cost per Weight* (kal/kg.Jam)

W : Berat badan (kg)

## 2.6 Pengukuran Beban Kerja Kualitatif

Tingkat beban yang diperoleh atau dirasakan oleh seseorang dapat ditentukan dengan cara menghitung beban kerja kualitatif dalam nilai IRHR (*Increase Ratio of Heart Rate*). IRHR merupakan perbandingan antara kecepatan relatif denyut jantung saat berkerja terhadap denyut jantung saat istirahat [8]. Menurut Puspitawati, et al. [9], Beban fisik dan mental yang dialami pekerja selama beraktivitas dapat menyebabkan penyakit akibat kerja seperti kelelahan, penyakit lutut, leher, dan punggung. Faktor utama penyebab ketidaknyamanan pekerja adalah faktor usia. Tingkat beban kerja operator diukur berdasarkan nilai IRHR yang dilakukan untuk melihat tingkat kejerihan kerja seseorang menggunakan tabel kategori pekerjaan berdasarkan IRHR menurut Syuaib [7].

## 3. PEMBAHASAN

Pengoperasian traktor yang digandengkan dengan *trailer* di lahan miring juga menjadi faktor penting dalam menentukan kualitas beban kerja petani. Berdasarkan Gambar 1 bahwa hand traktor menggunakan *trailer tipe pivot* II yang digunakan telah dimodifikasi dari penelitian sebelumnya yaitu terdapat bangku yang mampu menyesuaikan kenyamanan operator pada saat mengoperasikan traktor dengan *trailer* ketika berbelok dan melewati lahan yang bergelombang. *Trailer pivot* II ini juga sudah menambahkan sistem pengereman yang ditempatkan pada kaki kanan maupun kaki kiri, sistem pengereman ini bertujuan untuk memudahkan operator dalam mengendalikan traktor pada saat pengoperasian terutama pada penurunan lahan miring dan juga pada saat belok.

Gambar 1. Pengoperasian traktor menggunakan *trailer tipe pivot II* [1]

### 3.1 Pengukuran *Metabolisme Basal* (BME)

Pengukuran BME merupakan salah satu langkah utama dalam menghitung beban kerja, dikarenakan untuk mengetahui seberapa besar konsumsi energi yang diperlukan operator untuk menjalankan fungsi minimal fisiologinya. Adapun parameter yang diukur adalah tinggi badan dan berat badan operator. Berikut disajikan hasil pengukuran dimensi tubuh dan BME masing-masing subjek.

Tabel 1. Karakteristik antropometri dan nilai BME masing-masing subjek

| Subjek     | Jenis Kelamin | Usia (Tahun) | Berat (Kg) | Tinggi (Cm) | A (m <sup>2</sup> ) | VO <sub>2</sub> | BME (kkal/me) |
|------------|---------------|--------------|------------|-------------|---------------------|-----------------|---------------|
| Operator A | Laki-Laki     | 21           | 63         | 173         | 1,77                | 219             | 1,10          |
| Operator B | Laki-Laki     | 36           | 66         | 164         | 1,73                | 215             | 1,08          |
| Operator C | Laki-Laki     | 21           | 56         | 160         | 1,59                | 197             | 0,99          |

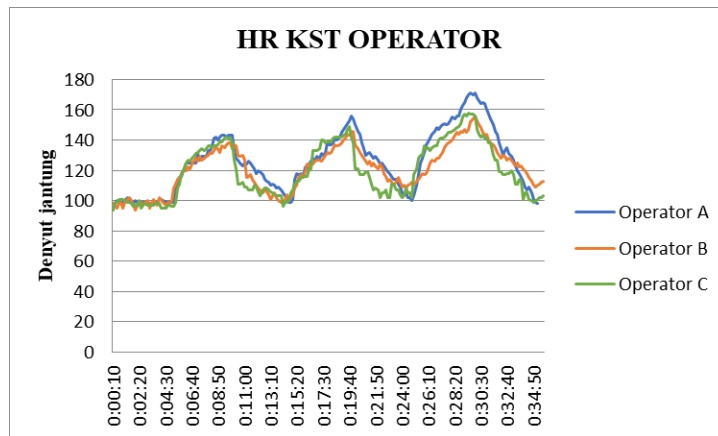
Berdasarkan Tabel 1. menunjukkan bahwa terdapat nilai korelasi positif antara dimensi tubuh terhadap BME. Operator A memiliki luas dimensi tubuh 1,77 m<sup>2</sup> sehingga nilai BME yang diperoleh 1,10 kkal/menit, operator B memiliki luas dimensi tubuh 1,73 m<sup>2</sup> sehingga nilai BME yang diperoleh 1,08 kkal/menit, dan operator C memiliki luas dimensi tubuh 1,59 m<sup>2</sup> sehingga nilai BME yang diperoleh 0,99 kkal/menit. Hal ini menunjukkan, semakin luas dimensi tubuh seseorang maka semakin besar energi yang dibutuhkan untuk menjalankan fungsi-fungsi organ tubuh.

### 3.2 Pengukuran IRHR<sub>ST</sub>, WEC<sub>ST</sub>, IRHR kerja dan WEC kerja

Data IRHR<sub>ST</sub> dan WEC<sub>ST</sub> merupakan nilai IRHR dan WEC pada saat melakukan *step test*. Kalibrasi *Step Test* (KST) dilakukan bertujuan untuk mengetahui korelasi antara denyut jantung dengan peningkatan beban kerja. Setiap subjek memiliki karakteristik yang berbeda baik dari segi (usia, pengalaman) maupun kemampuan fisiologi (kemampuan *cardio-vaskuler* dan serat otot) yang berbeda-beda. Sehingga setiap nilai yang diperoleh dari pengukuran denyut jantung juga berbeda. Jumlah energi yang dikonsumsi subjek pada saat aktivitas dan proses metabolisme merupakan nilai WEC<sub>ST</sub> untuk memperoleh nilai persamaan daya dengan nilai IRHR dari suatu grafik. Diasumsikan bahwasanya kegiatan yang dilakukan saat *step test* sama seperti naik turun tangga dengan membawa beban berat tubuh sendiri.

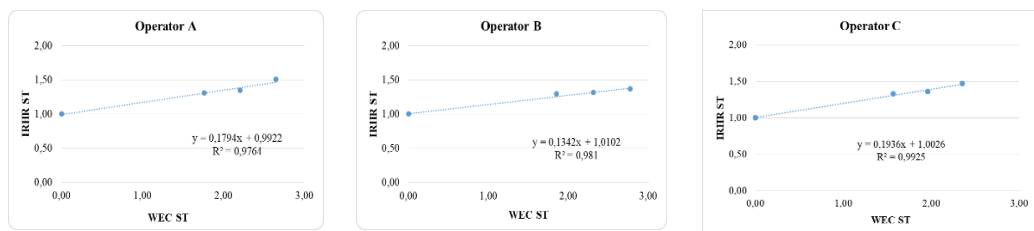
Tabel 2. Nilai IRHR dan WEC<sub>ST</sub> subjek pada KST

| Subjek     | ST1 (20 Siklus/Menit) |                              | ST2 (25 Siklus/Menit) |                              | ST3 (30 Siklus/Menit) |                              |
|------------|-----------------------|------------------------------|-----------------------|------------------------------|-----------------------|------------------------------|
|            | IRHR                  | WEC <sub>ST</sub> (kkal/min) | IRHR                  | WEC <sub>ST</sub> (kkal/min) | IRHR                  | WEC <sub>ST</sub> (kkal/min) |
| Operator A | 1,31                  | 1,77                         | 1,35                  | 2,21                         | 1,50                  | 2,65                         |
| Operator B | 1,29                  | 1,85                         | 1,32                  | 2,31                         | 1,36                  | 2,77                         |
| Operator C | 1,33                  | 1,57                         | 1,36                  | 1,96                         | 1,46                  | 2,35                         |



Gambar 2. Grafik hasil pengukuran denyut jantung KST operator [2]

Hubungan antara nilai WEC<sub>ST</sub> dan IRHR<sub>ST</sub> digabungkan dalam bentuk grafik, menunjukkan bahwa terdapat perbedaan kemiringan grafik yaitu kenaikan nilai IRHR terhadap nilai WEC<sub>ST</sub> dengan frekuensi yang berbeda. Dapat diketahui pada grafik tersebut, bahwa semakin besar nilai IRHR yang dihasilkan maka semakin curam garis kemiringannya. Grafik korelasi operator tersebut memiliki batas maksimum untuk menentukan nilai IRHR<sub>ST</sub> dan WEC<sub>ST</sub> yaitu tingkat kapasitas jantung yang dimiliki oleh operator.



Gambar 3. Grafik kolerasi WEC<sub>ST</sub> dan IRHR<sub>ST</sub> operator [3]

IRHR<sub>ST</sub> kerja digunakan untuk menghitung besarnya *Work Energy Cost* (WEC) pada saat aktivitas bekerja dengan memasukkan nilai IRHR<sub>ST</sub> kerja ke dalam persamaan kalibrasi. Penginputan nilai IRHR<sub>ST</sub> pada saat pengoperasian traktor roda dua ke dalam persamaan kalibrasi dan WEC<sub>ST</sub> bertujuan untuk mengetahui berapa energi kerja yang dikeluarkan subjek (WEC<sub>ST</sub>) pada aktivitas pengeporasian.

Tabel 3. Persamaan kalibrasi dan WEC kerja pada lahan datar

| SUBYEK     | IST   | WORK   | IRHR (Kerja) | Persamaan Kalibrasi<br>( $y = \text{IRHR}$ ; $x = \text{WEC}$ ) | WEC Kerja<br>( $\text{kcal/min}$ ) $x$ |
|------------|-------|--------|--------------|-----------------------------------------------------------------|----------------------------------------|
| Operator A | 93,39 | 99,90  | 1,07         | $x = (y-0,9922)/(0,1794)$                                       | 0,43                                   |
| Operator B | 91,29 | 94,88  | 1,04         | $x = (y-1,0102)/(0,1342)$                                       | 0,22                                   |
| Operator C | 97,70 | 104,82 | 1,07         | $x = (y-1,0026)/(0,1936)$                                       | 0,36                                   |

Tabel 4. Persamaan kalibrasi dan WEC kerja pada lahan miring 10°

| SUBYEK     | IST   | WORK   | IRHR kerja | Persamaan Kalibrasi<br>( $y=\text{IRHR}$ ; $x= \text{WEC}$ ) | WEC Kerja<br>( $\text{kcal/min}$ ) $x$ |
|------------|-------|--------|------------|--------------------------------------------------------------|----------------------------------------|
| Operator A | 93,21 | 105,11 | 1,13       | $x = (y-0,9922)/(0,1794)$                                    | 0,75                                   |
| Operator B | 96,52 | 103,50 | 1,07       | $x = (y-1,0102)/(0,1342)$                                    | 0,46                                   |
| Operator C | 98,39 | 117,27 | 1,19       | $x = (y-1,0026)/(0,1936)$                                    | 0,98                                   |

Tabel 5. Persamaan kalibrasi dan WEC kerja di lahan miring 30°

| SUBYEK     | IST    | WORK   | IRHR Kerja | Persamaan Kalibrasi<br>( $y=\text{IRHR}$ ; $x= \text{WEC}$ ) | WEC Kerja<br>( $\text{kcal/min}$ ) |
|------------|--------|--------|------------|--------------------------------------------------------------|------------------------------------|
| Operator A | 95,80  | 118,47 | 1,24       | $x = (y-0,9922)/(0,1794)$                                    | 1,36                               |
| Operator B | 88,92  | 98,22  | 1,10       | $x = (y-1,0102)/(0,1342)$                                    | 0,70                               |
| Operator C | 101,05 | 124,10 | 1,23       | $x = (y-1,0026)/(0,1936)$                                    | 1,16                               |

Hasil pengukuran denyut jantung operator pada saat pengoperasian traktor roda dua menggunakan *trailer pivot* II dengan besi termodifikasi di lahan datar. Menunjukkan bahwa nilai IRHR kerja di lahan datar adalah 1,04–1,07, sehingga dengan dimasukkan nilai tersebut kedalam persamaan (sebagai  $y$ ) operator mengeluarkan energi kerja (WEC kerja) rata-rata adalah 0,22–0,43 kkal/menit. Pada lahan miring 10° adalah 1,07–1,19, sehingga diperoleh energi kerja yang dikonsumsi (WEC kerja) rata-rata adalah 0,46–0,98 kkal/menit. Sedangkan pada lahan miring 30° adalah 1,10–1,24, sehingga diperoleh nilai WEC kerja yaitu 0,70–1,36 kkal/menit. Maka dari data di atas menunjukkan bahwa, setiap operator perolehan konsumsi energi kerja yang berbeda-beda menurut postur tubuh dan kapasitas jantung masing-masing operator.

### 3.3 Beban Kerja Kualitatif dan Kuantitatif

Beban kerja fisik yang terlalu berat dapat menimbulkan kelelahan yang dapat terjadi secara terakumulasi. Kelelahan inilah yang dapat menyebabkan seseorang merasa sakit atau bahkan mengalami cedera. Maka dari itu, pengukuran besarnya konsumsi energi perlu dilakukan perhitungan, ada dua jenis perhitungan antaranya, yaitu beban kerja kuantitatif untuk melihat tingkat energi yang dikeluarkan subjek ketika melakukan pekerjaan dan beban kerja kualitatif (tingkat kejerihan) terhadap kondisi fisiologi subjek. Tabel 6, 7, dan 8 menunjukkan analisis data kualitatif dan kuantitatif dari setiap operator pada lahan datar dan lahan miring (10°, 30°).



Tabel 6. Beban kerja kualitatif dan kuantitatif saat mengendarai traktor menggunakan *trailer pivot* II di lahan datar

| SUBYEK     | Berat Badan (Kg) | Beban Kualitatif |             | Beban Kuantitatif |                      |                |                    |
|------------|------------------|------------------|-------------|-------------------|----------------------|----------------|--------------------|
|            |                  | IRHR Kerja       | Beban Kerja | BME (kkal/menit)  | WEC Kerja (kkal/min) | TEC (kkal/min) | TEC' (kkal/kg.jam) |
| Operator A | 63               | 1,07             | Ringan      | 1,10              | 0,43                 | 1,53           | 1,45               |
| Operator B | 66               | 1,04             | Ringan      | 1,08              | 0,22                 | 1,29           | 1,18               |
| Operator C | 56               | 1,07             | Ringan      | 0,99              | 0,36                 | 1,35           | 1,44               |
| RATA-RATA  | 61,67            | 1,06             | Ringan      | 1,05              | 0,34                 | 1,39           | 1,36               |

Tabel 7. Beban kerja kualitatif dan kuantitatif saat mengendarai traktor menggunakan *trailer pivot* II di lahan miring 10°

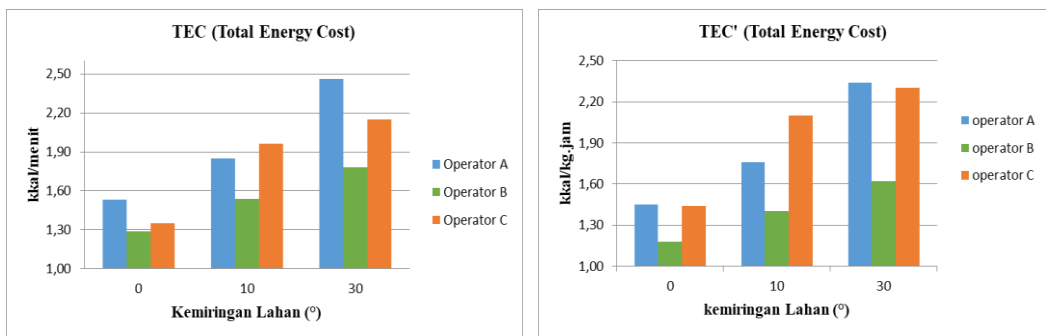
| SUBYEK     | Berat Badan (Kg) | Beban Kualitatif |             | Beban Kuantitatif |                      |                |                    |
|------------|------------------|------------------|-------------|-------------------|----------------------|----------------|--------------------|
|            |                  | IRHR Kerja       | Beban Kerja | BME (kkal/menit)  | WEC Kerja (kkal/min) | TEC (kkal/min) | TEC' (kkal/kg.jam) |
| OPERATOR A | 63               | 1,13             | Ringan      | 1,10              | 0,75                 | 1,85           | 1,76               |
| OPERATOR B | 66               | 1,07             | Ringan      | 1,08              | 0,46                 | 1,54           | 1,40               |
| OPERATOR C | 56               | 1,19             | Ringan      | 0,99              | 0,98                 | 1,96           | 2,10               |
| RATA-RATA  | 61,67            | 1,13             | Ringan      | 1,05              | 0,73                 | 1,78           | 1,75               |

Tabel 8. Beban kerja kualitatif dan kuantitatif saat mengendarai traktor menggunakan *trailer pivot* II di lahan miring 30°

| SUBYEK     | Berat Badan (Kg) | Beban Kualitatif |             | Beban Kuantitatif |                      |                |                    |
|------------|------------------|------------------|-------------|-------------------|----------------------|----------------|--------------------|
|            |                  | IRHR Kerja       | Beban Kerja | BME (kkal/menit)  | WEC Kerja (kkal/min) | TEC (kkal/min) | TEC' (kkal/kg.jam) |
| OPERATOR A | 63               | 1,24             | Ringan      | 1,10              | 1,36                 | 2,46           | 2,34               |
| OPERATOR B | 66               | 1,10             | Ringan      | 1,08              | 0,70                 | 1,78           | 1,62               |
| OPERATOR C | 56               | 1,23             | Ringan      | 0,99              | 1,16                 | 2,15           | 2,30               |
| RATA-RATA  | 61,67            | 1,19             | Ringan      | 1,05              | 1,08                 | 2,13           | 2,09               |

Hasil analisis pengukuran beban kerja kualitatif menunjukkan nilai rata-rata IRHR kerja saat pengoperasian traktor menggunakan *trailer tipe pivot* II dengan roda besi termodifikasi pada lahan datar antara 1,04–1,07 denyut/menit, pada lahan miring 10° antara 1,07 – 1,19 denyut/menit, dan di lahan miring 30° antara 1,10–1,24 denyut/menit, sehingga dengan memicu pada tabel tingkatan beban kerja yang didapatkan rata-rata pada lahan datar menggunakan *trailer tipe pivot* II adalah “Ringan”, pada lahan miring 10° adalah ‘Ringan’ dan begitu pula pada lahan miring 30° adalah ‘Ringan’. Dari data yang telah didapatkan, pengoperasian traktor roda dua dengan menggunakan *trailer tipe pivot* II pada setiap lahan yang diuji dapat menghasilkan rata-rata beban kerja setiap operator adalah ‘ringan’. Hasil analisis tersebut sejalan dengan pernyataan [Nada, et al. \[10\]](#), bahwa tingkat kemiringan lahan dapat mempengaruhi tingkat keluhan sistem muskuloskeletal. Ketika operator melakukan pembajakan sawah di lahan miring mengalami tingkat keluhan sebesar 60,71%, sedangkan pembajakan di lahan datar operator mengalami tingkat keluhan sebesar 25%.

Total nilai energi yang dikeluarkan operator saat pengoperasian traktor adalah penjumlahan energi yang dikeluarkan saat bekerja (WEC) dengan energi pada saat aktivitas metabolisme tubuh (BME). Berdasarkan analisis perhitungan TEC pada lahan datar menggunakan *trailer tipe pivot II* adalah 1,29–1,53 kkal/menit, pada lahan miring 10° adalah 1,54–1,96 dan pada lahan miring 30° adalah 1,78–2,46. Operator tentunya memiliki berat badan yang menjadi berat tambahan dalam pengukuran beban kerja, maka dari itu untuk mengetahui energi sebenarnya yang telah dikeluarkan (TEC') saat beraktivitas pengoperasian traktor yaitu dengan membagikan nilai TEC dan berat badan masing-masing operator. Berdasarkan total energi kerja/berat badan (TEC') dengan menggunakan *trailer tipe pivot II* di lahan datar diperoleh nilai rata-rata yaitu 1,18–1,45 kkal/kg.jam. Pada lahan miring 10° mempunyai nilai 1,40–2,10 kkal/kg.jam. Sedangkan pada lahan 30° rata-rata nilai TEC' yang diperoleh adalah 1,62–2,34 kkal/kg.jam.



Gambar 4. Grafik TEC dan TEC' [4]

Jika dibandingkan dengan penelitian [Idkham, et al. \[5\]](#), mengenai analisis beban kerja operator pada pengoperasian *trailer pivot* menggunakan traktor dengan roda sangkar. Hasil analisis kualitatif dan kuantitatif diperoleh ketika pengoperasian rata-rata nilai IRHR di lahan datar adalah 1,13, pada lahan miring 10° diperoleh nilai 1,15, dan pada lahan miring 30° nilai rata-rata yaitu 1,46, sehingga dengan dilihat pada acuan tabel kategori pekerjaan di lahan datar dan miring 10° adalah “Ringan”, dan pada lahan miring 30° yaitu “Sedang”. Sedangkan energi yang dikeluarkan operator saat melakukan aktivitas pengoperasian (TEC) pada lahan datar sebesar 2,44 – 2,97 kkal/menit, di lahan miring 10° sebesar 2,34–2,92 kkal/menit, dan pada lahan 30° energi yang dikeluarkan operator sebesar 2,73–3,64 kkal/menit. Sedangkan nilai TEC' yang dibagikan dengan berat badan diperoleh pada lahan datar sebesar 2,25–2,54 kkal/kg.jam, lahan miring 10° 2,16 – 2,70 kkal/kg.jam, dan lahan miring 30° 2,52–3,12 kkal/kg.jam.

Berdasarkan perbandingan tersebut, bahwa *trailer pivot II* lebih unggul dibandingkan dengan *trailer pivot* sebelumnya dari segi beban kerja dan konsumsi energi yang dikeluarkan operator pada aktivitas pengoperasian traktor. Hal ini dikarenakan, *trailer pivot II* telah dimodifikasi pada tempat duduk, penempatan kaki operator yang sesuai dengan dimensi tubuh operator serta sistem pengereman yang berfungsi menahan *trailer* saat pengoperasian traktor roda dua terutama di lahan miring, sehingga *trailer pivot II* lebih mudah dioperasikan dan mendapatkan kenyamanan bagi operator.

Tabel 9. Spesifikasi *trailer pivot I* dan *trailer pivot II*

| Parameter                | Spesifikasi <i>Trailer Pivot I</i>                                     | Spesifikasi <i>Trailer Pivot II</i>                                                                                 |
|--------------------------|------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. Tempat duduk operator | 1. Belum ada penyesuaian tempat duduk terhadap dimensi tubuh operator. | 1. Sudah dilakukan modifikasi tempat duduk yang bisa menyesuaikan terhadap dimensi tubuh operator.                  |
| 2. Sistem pengereman     | 2. Tidak ada sistem pengereman.                                        | 2. Sudah digunakan sistem pengereman pada trailer,                                                                  |
| 3. Roda traktor          | 3. Roda sangkar dengan diameter 60 cm.                                 | 3. Roda besi termodifikasi dengan diameter 91 cm dan terdapat penyetelan sudut kemiringan sirip yaitu (15, 30,45)°. |

Suhu udara dan kemiringan setiap lahan yang berbeda sangat berpengaruh dengan aktivitas pekerjaan. Bekerja dalam lingkungan udara yang panas akan menyebabkan menurunnya kemampuan fisik tubuh serta dapat menyebabkan kelelahan pada tubuh operator. Begitu pula pengoperasian hand traktor menggunakan trailer pada lahan yang kemiringannya berbeda akan dapat mengeluarkan konsumsi energi yang lebih tinggi dibandingkan dilahan datar. Hal ini disebabkan pada pengoperasian di lahan miring beban kerja yang didapatkan lebih besar dan tingkat kelelahan dalam mengendalikan traktor lebih sulit. Ketika tubuh manusia berada pada kondisi lingkungan suhu udara dan tingkat kejenuhan yang lebih tinggi, maka tubuh akan memindahkan panas ke kulit yang akan mendorong peningkatan jumlah darah yang dibawa ke otot, hal ini terlihat dari pemompaan darah yang lebih cepat sehingga terjadi peningkatan denyut jantung. Setiap operator peningkatan rata-rata denyut jantung bervariasi, kondisi fisik yang baik terjadi denyut jantung yang lebih kecil [11].

#### 4. KESIMPULAN

Analisis pengukuran beban kerja kualitatif menunjukkan nilai rata-rata IRHR kerja pada pengoperasian traktor roda dua menggunakan *trailer tipe pivot II* dengan roda besi termodifikasi pada lahan datar antara 1,04–1,07, pada lahan miring 10° antara 1,07 – 1,19 dan pada lahan miring 30° antara 1,10–1,24, sehingga dengan memicu pada tabel tingkatan beban kerja yang didapatkan rata-rata setiap kemiringan lahan adalah “Ringan”, sedangkan energi yang dikeluarkan operator saat melakukan aktivitas pekerjaan yang telah dibagikan dengan berat badan operator (TEC') pada lahan datar adalah 1,18–1,45 kkal/kg.jam, pada lahan miring 10° diperoleh nilai sebesar 1,40–2,10 kkal/kg.jam, dan di lahan miring 30° sebesar 1,62–2,34 kkal/kg.jam. Semakin miringnya lahan pada saat pengoperasian hand traktor menggunakan *trailer pivot II*, maka beban kerja yang diperoleh pun juga semakin besar dengan demikian konsumsi energi (TEC') yang dikeluarkan setiap operator juga meningkat menurut kemiringannya masing-masing lahan.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Dhafir, T. Mandang, W. Hermawan, and M. F. Syuaib, "Desain ergonomis sistem penggandengan trailer pada traktor roda dua," *Jurnal Keteknikan Pertanian*, vol. 7, no. 1, pp. 99-106, 2019.

- [2] R. Ramayanti, "Analisis hubungan status gizi dan iklim kerja dengan kelelahan kerja di catering hikmah food surabaya," *The Indonesian Journal of Occupational Safety Health*, vol. 4, no. 2, pp. 177-186, 2015.
- [3] A. P. Putri, E. Triyanti, and D. Setiadi, "Analisis tata ruang tempat penyimpanan dokumen rekam medis pasien ditinjau dari aspek antropometri petugas rekam medis," 2014, vol. 2, no. 2, 2014-10-11 2014, doi: 10.33560/v2i2.22 %J Jurnal Manajemen Informasi Kesehatan Indonesia (JMIKI).
- [4] A. M. Nafchi, H. M. Nafchi, and I. A. Demneh, "Improving steering system for walking tractor-trailer combination to increase operator's comfort and ease of control," *Agricultural Engineering International: CIGR Journal*, vol. 13, no. 3, pp. 1-8, 2011.
- [5] M. Idkham, M. Dhafir, S. Safrizal, and S. Marisza, "Operator workload analysis on trailer operation using two wheel tractor with cage wheel in palm oil soil," *Jurnal Agroindustri*, vol. 12, no. 1, pp. 48-60, 2022.
- [6] M. Dhafir, M. Idkham, Safrizal, and I. A. Mulyadi, "Ergonomics study on pivot-type trailer operation for two-wheel tractor on sloping land," in *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2021/11/01 2021, vol. 922, no. 1: IOP Publishing, pp. 1-13, doi: 10.1088/1755-1315/922/1/012064. [Online]. Available: <http://dx.doi.org/10.1088/1755-1315/922/1/012064>
- [7] M. Syuaib, "Ergonomic study on the proces of mastering tractor operation," Doktoral Disertasi, Tokyo University of Agriculture and Technology, Japan, 2003.
- [8] M. H. Wulandary, "Analisis Beban Kerja Petani Pada Pengolahan Tanah Menggunakan Tipe Gagang Cangkul Yang Berbeda Di Kabupaten Ogan Ilir, Sumatera Selatan," Sarjana Skripsi, Teknik Pertanian, Universitas Sriwijaya, Sumatera Selatan, 2019.
- [9] M. L. Puspitawati, I. B. Suryaningrat, and A. S. Rusdianto, "Analisis beban kerja karyawan pada bagian sortasi di PT. Perkebunan Nusantara X, Kabupaten Jember," *Agrointek: Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, vol. 13, no. 2, pp. 100-108, 2019.
- [10] I. M. Nada, G. Arda, and I. A. R. P. Pudja, "Beban kerja dan produktivitas kerja operator traktor tangan pada pembajakan sawah'Subak Ayo'di Desa Babahan, Kecamatan Penebel, Kabupaten Tabanan Bali," *Rona Teknik Pertanian*, vol. 7, no. 1, pp. 1-8, 2014.
- [11] M. A. Bary, M. F. Syuaib, and M. Rachmat, "Analisis beban kerja pada proses produksi Crude Palm Oil (CPO) di pabrik minyak sawit dengan kapasitas 50 ton TBS/Jam," *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, vol. 23, no. 3, pp. 220-231, 2013.