

STUDI PERBANDINGAN KONSUMSI ENERGI PADA PROSES PENANAMAN PADI MANUAL DAN *RICE TRANSPLANTER*

Renny Eka Putri, Rizka Fadhilah, Dinah Cherie

Program Studi Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Kampus Manis-Padang 25163

Email: rennyekaputri@ae.unand.ac.id

ABSTRAK

Audit energi merupakan salah satu cara untuk meningkatkan efisiensi penggunaan energi pada kegiatan penanaman padi. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui total konsumsi energi pada kegiatan penanaman padi secara manual dan menggunakan *rice transplanter*, membandingkan konsumsi energi manusia yang didapatkan dari tabel konversi dan *Garmin Forerunner 35*. Penelitian dilakukan di lahan sawah milik petani di Nagari Aie Tajun, Kabupaten Padang Pariaman. Konsumsi energi untuk masing-masing input energy menggunakan *rice transplanter* adalah sebagai berikut; energi manusia 9,225 MJ/ha, energi benih 255,413 MJ/ha, bahan bakar 93,463 MJ/ha dan energi mesin 0,821 MJ/ha sehingga didapatkan total konsumsi energi sebesar 358,952 MJ/ha. Sementara itu, konsumsi energi pada kegiatan penanaman padi secara manual meliputi energi manusia 42,141 MJ/ha dan energi benih 359,348 MJ/ha sehingga didapatkan total konsumsi energi sebesar 401,489 MJ/ha. Dapat disimpulkan bahwa konsumsi energy terbesar adalah proses penanaman dengan cara manual, karena membutuhkan tenaga manusi dan bibit yang lebih banyak

Kata kunci – konsumsi energi; *garmin forerunner 35*; penanaman padi manual; *rice transplanter*

PENDAHULUAN

Tanaman padi memiliki peran yang sangat penting dalam mencukupi kebutuhan konsumsi manusia. Menurut Ferrero (2008), padi adalah tanaman sereal yang dikonsumsi hampir diseluruh benua, hal ini karena tanaman padi bersifat adaptif sehingga memungkinkan untuk tumbuh diberbagai jenis tanah dan kondisi iklim yang berbeda. Salah satu bagian dari tanaman padi yang menjadi sumber makanan pokok adalah beras, Negara Asia mengkonsumsi sekitar 90% beras yang dapat memenuhi kebutuhan energi 50%-80% kalori. Bagi masyarakat Indonesia, tanaman padi merupakan sumber makanan pokok yang memiliki potensi dari sisi ekonomi (Nangular, 2016). Lim *et al.* (2012) menambahkan bahwa setengah dari penduduk dunia bergantung pada padi sebagai tanaman pangan utama.

Menurut Badan Pusat Statistik (BPS) Sumatera Barat (2016), secara keseluruhan data produksi padi nasional pada tahun 2016 yaitu sebesar 81.382.451 ton. Produksi padi di Sumatera Barat pada tahun 2016 yaitu sebesar 2.503.452 ton, namun setiap kota/kabupaten di Sumatera Barat memiliki data statistik produksi padi yang berbeda. Kabupaten Padang Pariaman, berada diperingkat ketiga dalam memproduksi padi untuk wilayah Provinsi Sumatera Barat, data produksi padi di Kabupaten Padang Pariaman pada tahun 2016 yaitu sebesar 287.046 ton.

Kegiatan penanaman padi umumnya dilakukan secara manual, kendala yang dihadapi pada kegiatan penanaman padi manual yaitu memerlukan waktu dan jumlah tenaga kerja yang cukup banyak, pada daerah produksi padi saat ini mulai kesulitan mencari tenaga kerja khususnya untuk kegiatan penanaman bibit (Kartaspoetra,1988). Pertumbuhan tenaga kerja untuk proses penanaman bibit terus berkurang sebesar 2,2% (BPS, 2016). Penurunan jumlah tenaga kerja disektor pertanian disebabkan oleh upah tenaga kerja tanam padi yang dianggap tidak sesuai dengan banyaknya energi yang dikeluarkan oleh petani (Kartaspoetra, 1988).

Usaha untuk meringankan pekerjaan petani yaitu pemberian bantuan APBN 2017 berupa mesin *rice transplanter* sebanyak 3 unit pada tiga nagari oleh Pemerintah Kabupaten Padang Pariaman. Salah satunya diberikan kepada Nagari Aie Tajun dengan merek Tanikaya tipe TK RW 2W - 800N yang di produksi oleh PT. Tanikaya Multi Sarana (Dinas Pertanian Kabupaten Padang Pariaman, 2017). Namun, sampai saat ini mesin *rice transplanter* masih jarang digunakan disebabkan petani beranggapan penggunaan

mesin *rice transplanter* masih kurang efisien, dikarenakan mesin *rice transplanter* menggunakan bensin sebagai bahan bakar utamanya. Bensin merupakan salah satu jenis bahan bakar yang harganya cukup mahal, hal ini menyebabkan untuk kegiatan penanaman padi memerlukan biaya yang cukup besar.

Menurut Badan Pusat Penelitian dan Pengembangan Pertanian (2009), kapasitas kerja dari *rice transplanter* yaitu sebesar 25-30 HOK/ha dengan kapasitas waktu kerja 5-6 jam/ha yang tergantung pada keahlian operator dengan jumlah tenaga kerja 1-2 orang/ha. Berdasarkan spesifikasinya mesin *rice transplanter* ini sudah sangat layak digunakan dan diperkirakan dapat membantu meringankan pekerjaan petani.

Penanaman padi di Indonesia khususnya di Kabupaten Padang Pariaman umumnya masih dilakukan secara manual dengan energi manusia. Menurut Wahyuni (2016), kapasitas kerja dari proses penanaman padi secara manual yaitu sebesar 100-120 HOK/ha dengan kapasitas waktu kerja sebesar 200-240 jam/ha dan membutuhkan tenaga kerja 10-15 orang/ha. Angka ini menunjukkan bahwa budidaya padi secara manual membutuhkan energi dan tenaga kerja yang cukup banyak dan waktu kerja yang lama dibandingkan penanaman menggunakan mesin *rice transplanter*.

Energi menjadi faktor penting dalam setiap kegiatan budidaya padi, mulai dari kegiatan pengolahan tanah, penanaman, pemeliharaan, pemanenan, hingga kegiatan pasca panen. Kegiatan penanaman memerlukan energi sekitar 15% dari total keseluruhan energi pada kegiatan budidaya padi (Muazu *et al.*, 2015). Kegiatan penanaman padi yang kurang tepat seperti kesalahan dalam penentuan sistem tanam, kesalahan dalam menentukan rumpun tiap lubang tanam dan kesalahan lainnya dapat mengakibatkan efek *input* energi lebih besar dari pada hasil yang diharapkan sehingga juga dapat meningkatkan biaya produksi padi. *Input* energi pada saat penanaman padi secara manual berasal dari energi manusia dan benih, sedangkan pada saat penanaman padi dengan menggunakan *rice transplanter* *input* energi berasal dari manusia, energi benih, bahan bakar, dan mesin (Muazu *et al.*, 2015).

Perhitungan energi manusia yang dikeluarkan pada proses penanaman padi pada penelitian ini dilakukan menggunakan *Garmin Forerunner 35* sebagai alat untuk mengukur energi manusia yang dikeluarkan, pengukuran energi manusia dilakukan secara langsung (*real-time*) yang digunakan untuk meningkatkan keakuratan data dalam menghitung energi manusia. Alat yang dilengkapi dengan optik sensor denyut jantung diharapkan dapat menghasilkan penghitungan yang lebih akurat. Penelitian ini memiliki tujuan khusus dari penelitian ini meliputi: 1) analisis *input* energi pada kegiatan penanaman padi, yang dikaji dari empat aspek energi yaitu energi manusia, energi bahan bakar, energi mesin, dan energi bibit, 2) membandingkan nilai kebutuhan energi manusia yang dilakukan secara *real-time* menggunakan *Garmin Forerunner 35* dan perhitungan yang menggunakan tabel konversi energi.

METODOLOGI PENELITIAN

A. Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada wilayah budidaya padi di Nagari Aie Tajun, Kabupaten Padang Pariaman yang terletak pada 0°11' - 0°49' Lintang Selatan dan 98°36' - 100°28' Bujur Timur. Kegiatan penanaman padi dilakukan secara manual dan menggunakan mesin *rice transplanter* pada lahan sawah dalam keadaan berlumpur.

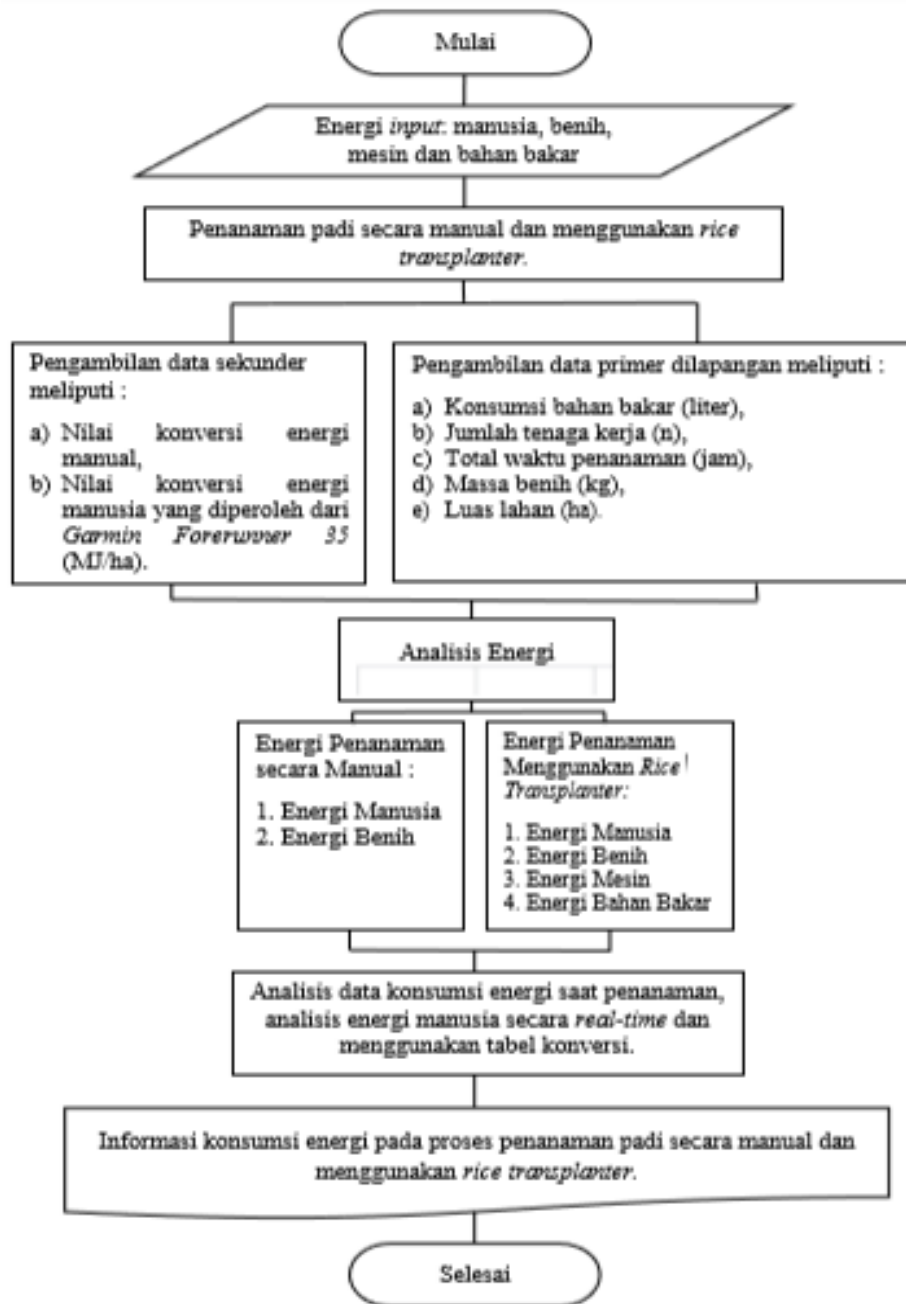
B. Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Rice Transplanter / TK RT 2W-800N*, *stopwatch digital (Anytime-A023)*, *garmin forerunner 35*, *heart rate monitor (HRM)*, *software garmin connect*, *GPS Garmin (GPSmap62sc)*, timbangan digital kapasitas 180 kg, aplikasi *geographic information system 10.5*, gelas ukur kapasitas 1000 ml. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah benih padi varietas IR42, lahan dan tenaga kerja.

C. Prosedur Percobaan

Penelitian ini dilakukan pada delapan demplot sawah milik petani di Nagari Aie Tajun Padang Pariaman. Demplot 1 sampai 4 merupakan petakan sawah yang ditanam menggunakan *rice transplanter*,

sedangkan demplot 5 sampai 8 merupakan petakan sawah yang ditanam secara manual. Bentuk demplot sawah yang digunakan pada penanaman padi menggunakan *rice transplanter* memiliki ukuran luas rata-rata sebesar 0,0895 ha. Bentuk demplot sawah yang digunakan untuk penanaman padi secara manual dengan ukuran luas rata-rata sebesar 0,0405 ha. Tahapan penelitian yang dilakukan dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

D. Analisis Data

Data penelitian yang telah didapatkan selanjutnya akan diolah dan dianalisis. Pengolahan dan analisis data berupa data total *input* energi selama proses penanaman, data *input* energi manusia yang didapatkan secara *real-time* dan menggunakan tabel konversi.

1. Energi Manusia

Perhitungan besarnya energi yang dikeluarkan oleh petani saat melakukan penanaman diperoleh dengan dua cara yaitu pengukuran energi secara *real-time* dengan menggunakan alat *Garmin Forerunner 35* dan *Heart Rate Monitor (HRM)* dan pengukuran energi dengan perhitungan menggunakan nilai tabel konversi. Pembacaan energi yang ditampilkan oleh *Garmin Forerunner 35* berupa data dalam satuan kalori. Data tersebut kemudian dikalikan dengan $4,1868 \times 10^{-3}$ sebagai faktor konversi kalori menjadi MJ. Kemudian, data energi manusia yang didapatkan akan dibagi dengan total lahan yang dikerjakan sehingga diperoleh energi manusia dalam satuan MJ/ha. Sedangkan, perhitungan energi manusia dengan metode konversi dihitung menggunakan persamaan di bawah ini (Muazu *et al.*, 2015).

$$HE = \frac{n \times T \times fk}{A} \dots\dots\dots(1)$$

dengan:

- HE = energi manusia (MJ/ha)
- N = jumlah tenaga kerja (orang)
- T = total waktu kerja (jam)
- fk = faktor konversi energi (1,96 MJ/jam)
- A = luas lahan padi yang dikerjakan (ha)

2. Energi Benih

Energi benih padi yang ditanam pada satu petak sawah dapat dihitung berdasarkan berat benih yang digunakan saat penanaman dalam satu lahan. Penghitungan energi benih padi dapat dihitung menggunakan persamaan berikut (Muazu *et al.*, 2015):

$$SE = \frac{Sw \times fk}{A} \dots\dots\dots(2)$$

dengan:

- SE = energi benih (MJ/ha)
- Sw = massa benih yang digunakan (kg)
- fk = faktor konversi energi benih (13,22MJ/kg)
- A = luas lahan padi yang dikerjakan (ha)

3. Energi Mesin

Mesin pertanian yang biasa digunakan pada penanaman padi adalah *rice transplanter*. Penghitungan energi mesin dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut (Muazu *et al.*, 2015):

$$EM = \frac{fk \times W}{Fc \times t} \dots\dots\dots(3)$$

Nilai dari Fc didapat dari luas lahan di bagi dengan waktu kerja efektif, untuk wktu kerja efektif didapat dari total waktu keseluruhan selama bekerja dikurangi dengan waktu hilang yang meliputi waktu belok dan waktu saat pengisian bibit, yang dapat diselesaikan dengan menggunakan persamaan berikut:

$$Fc = \frac{A}{T} \dots\dots\dots(4)$$

dengan:

- EM = energi mesin (MJ/ha)
- fk = faktor konversi mesin (62,70 MJ/kg)
- W = massa mesin (175 kg)
- t = umur ekonomis mesin (61320 jam)
- Fc = kapasitas efektif mesin (ha/jam)
- A = luas lahan padi yang dikerjakan (ha)
- T = waktu kerja efektif (jam)

Selama kegiatan budidaya padi berlangsung akan diperoleh waktu efektif mesin bekerja di lapangan. Waktu efektif didapatkan dari selisih antara total waktu keseluruhan terhadap waktu hilang (saat belok, waktu istirahat operator, penyetulan mesin dan sebagainya). Maka waktu kerja efektif dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$T = T_s - T_h \dots\dots\dots(5)$$

dengan:

- T = waktu kerja efektif (jam)
- T_s = total waktu keseluruhan (jam)
- T_h = waktu hilang (jam)

4. Energi Bahan Bakar

Setiap penggunaan mesin pasti akan membutuhkan bahan bakar sebagai sumber energi penggerakannya. Mesin *rice transplanter* menggunakan bensin sebagai bahan bakarnya. Konsumsi bahan bakar yang terpakai didapatkan dari selisih antara bahan bakar awal sebelum mesin beroperasi terhadap bahan bakar yang tersisa setelah mesin beroperasi. Energi bahan bakar dapat dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut (Muazueta *et al.*, 2015) :

$$FE = \frac{fkons \times \rho \times fk}{A} \dots\dots\dots(6)$$

dengan :

- FE = energi bensin (MJ/ha)
- fkons = konsumsi bahan bakar (liter)
- ρ = massa jenis bensin (42,30 kg/l)
- fk = faktor konversi energi bahan (MJ/kg)
- A = luas lahan padi yang dikerjakan (ha)

Analisis data dilakukan dengan menggunakan uji statistik (Uji T). Hal ini dibuktikan dengan melakukan analisis uji statistik antara konsumsi energi pada proses penanaman padi yang dilakukan dengan dua cara. Hipotesis penelitian yaitu :

H₀ = ada perbedaan nilai konsumsi energi antara penanaman padi menggunakan *rice transplanter* maupun secara manual.

H₁ = tidak ada perbedaan nilai konsumsi energi antara penanaman padi menggunakan *rice transplanter* maupun secara manual.

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Konsumsi Energi pada Penanaman Padi Menggunakan *Rice Transplanter*

Distribusi energi pada proses penanaman padi dengan menggunakan *rice transplanter* memiliki empat sumber input energy meliputi; energi manusia, energi bibit, energi bahan bakar dan energi mesin. Data nilai rata-rata konsumsi energi untuk masing-masing input energi dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Total energi pada penanaman padi menggunakan *rice transplanter*

Sumber Energi	Demplot				Rata-rata
	1	2	3	4	
Energi Manusia (MJ/ha)	9,944	9,456	9,192	8,427	9,225
Energi Bibit (MJ/ha)	269,392	262,329	250,469	239,460	255,413
Energi Bahan Bakar (MJ/ha)	120,067	106,083	73,514	74,188	93,463
Energi Mesin (MJ/ha)	0,965	0,846	0,832	0,642	0,821
Total	400,368	378,714	334,007	322,717	358,952

Total konsumsi energi pada penanaman padi menggunakan *rice transplanter* diperoleh dari beberapa parameter *input* energi yang meliputi energi manusia, energi benih, energi bahan bakar dan energi mesin. Perhitungan konsumsi energi pada penanaman padi menggunakan *rice transplanter* pada masing-masing demplot. Nilai rata-rata total konsumsi energi pada kegiatan penanaman padi menggunakan *rice transplanter* yaitu sebesar 358,952 MJ/ha.

Berdasarkan Tabel 1, didapatkan nilai rata-rata konsumsi energi manusia yaitu sebesar 9,225 MJ/ha. Konsumsi energi manusia pada proses penanaman padi menggunakan *rice transplanter* didapatkan nilainya cukup kecil dikarenakan pada proses penanaman padi menggunakan *rice transplanter* waktu kerja operator dalam menyelesaikan penanaman pada suatu lahan lebih singkat. Hal ini sejalan dengan pendapat Safa *et al.* (2010) yang mengatakan bahwa nilai konsumsi energi manusia pada proses penanaman padi tergantung pada lama waktu kerja penanaman. Penanaman padi menggunakan *rice transplanter* dapat mempersingkat waktu kerja operator sehingga konsumsi energi manusia dapat diminimalisir. Waktu kerja inilah yang menyebabkan nilai energi manusia pada proses penanaman padi menggunakan *rice transplanter* lebih kecil dibandingkan dengan konsumsi energi manusia pada proses penanaman padi secara manual.

Nilai rata-rata konsumsi energi terbesar berasal dari *input* energi benih yaitu sebesar 255,413 MJ/ha. Semakin besar luas lahan yang digunakan maka penggunaan benih juga akan semakin banyak begitu pula sebaliknya, semakin kecil lahan maka jumlah benih yang digunakan akan semakin sedikit. Jumlah benih yang dipakai pada proses penanaman setiap demplot akan mempengaruhi nilai konsumsi energi benih, semakin besar benih yang dipakai maka nilai energi benih juga akan semakin besar. Konsumsi energi terbesar berasal dari energi benih, hal ini disebabkan benih merupakan aspek pokok pada proses penanaman padi. Nilai rata-rata konsumsi energi terkecil berasal dari energi mesin yaitu sebesar 0,821 MJ/ha. Faktor yang menyebabkan konsumsi energi mesin memiliki nilai yang kecil yaitu pada proses penanaman padi operator yang mengoperasikan mesin sudah mahir. Sehingga, untuk mengerjakan satu demplot lahan hanya membutuhkan waktu yang sedikit. Saat waktu kerja dalam menyelesaikan satu demplot lahan semakin kecil, maka akan didapatkan nilai kapasitas efektif alat yang cukup besar. Hal inilah yang menyebabkan konsumsi energi mesin yang dihasilkan memiliki nilai yang kecil. Selain itu, nilai konversi untuk mesin *rice transplanter* yang digunakan juga akan mempengaruhi besarnya konsumsi energi mesin.

Rata-rata konsumsi energi bahan bakar sebesar 93,463 MJ/ha. Konsumsi energi bahan bakar pada setiap demplot memiliki nilai yang berbeda-beda tergantung dengan jumlah penggunaan bahan bakar pada setiap demplotnya. Semakin banyak bahan bakar yang digunakan maka nilai konsumsi bahan bakar yang diperoleh juga akan semakin besar. Hal ini sejalan dengan penelitian Safa *et al.* (2010) yang mengatakan bahwa nilai total konsumsi energi bahan bakar tergantung dari bahan bakar yang digunakan. Proses penanaman padi menggunakan *rice transplanter* dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Proses penanaman padi menggunakan *rice transplanter*

B. Analisis Total Energi pada Proses Penanaman Padi Secara Manual

Proses penanaman padi secara manual menghasilkan dua input energi saja (energi manusia dan energi benih). Hasil analisis total energi pada penanaman padi secara manual dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Total energi pada penanaman padi menggunakan *rice transplanter*

Sumber Energi	Demplot				Rata-rata
	5	6	7	8	
Energi Manusia (Mj/Ha)	38,673	46,144	42,960	40,788	42,141
Energi Bibit (Mj/Ha)	343,317	397,858	387,600	308,616	359,348

Konsumsi energi pada penanaman padi secara manual didapatkan dari total energi *input* energi yang meliputi energi manusia dan energi bibit saja. Nilai rata-rata total konsumsi energi pada penanaman padi secara manual yaitu sebesar 401,489 MJ/ha. Nilai rata-rata konsumsi energi manusia sebesar 42,141 MJ/ha. Kemudian, didapatkan pula nilai rata-rata konsumsi energi benih sebesar 359,348 MJ/ha. Semakin besar luas lahan yang ditanam maka semakin banyak pula benih yang digunakan pada lahan tersebut. Massa benih yang digunakan juga akan mempengaruhi nilai konsumsi energi benih. Semakin banyak benih yang digunakan maka konsumsi energi benih juga akan semakin besar.

Nilai rata-rata konsumsi energi benih pada penanaman padi manual lebih besar dibandingkan dengan konsumsi energi benih pada proses penanaman padi menggunakan *rice transplanter* yang nilainya berturut sebesar 359,348 MJ/ha dan 255,413 MJ/ha. Salah satu penyebabnya yaitu pada saat penanaman secara manual penggunaan bibit dalam satu lubang tanam sebanyak 4 rumpun, sedangkan pada penanaman dengan *rice transplanter* penggunaan bibit dalam satu lubang tanam hanya sebanyak 3 rumpun. Hal tersebut menyebabkan penggunaan bibit pada penanaman padi secara manual lebih banyak sehingga menyebabkan konsumsi energi benih pada penanaman manual lebih besar. Proses penanaman padi secara manual dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Proses penanaman padi secara manual

Konsumsi energi manusia pada penanaman padi secara manual jauh lebih besar dibandingkan dengan nilai konsumsi energi manusia pada penanaman padi menggunakan *rice transplanter* yaitu sebesar 36,673 MJ/ha dan 9,944 MJ/ha. Hal ini dikarenakan pada proses penanaman padi menggunakan *rice transplanter* petani tidak perlu lagi membungkukan badannya untuk menancapkan bibit sehingga dapat mengurangi tingkat kelelahan petani. Waktu dan energi yang dikeluarkan dalam menyelesaikan proses penanaman dalam satu demplot juga akan lebih kecil.

C. Analisis Konsumsi Energi Manusia pada Proses Penanaman Padi

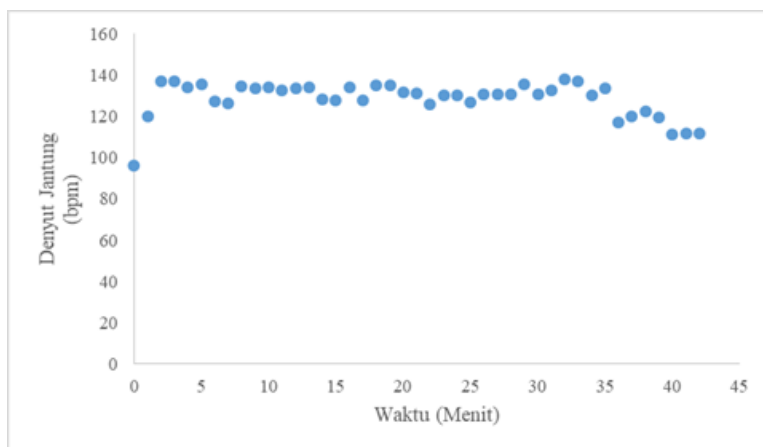
Analisis konsumsi energi manusia pada penelitian ini dilakukan dengan dua cara yaitu perhitungan menggunakan nilai konversi dan menggunakan *Garmin Forerunner 35*. Hasil analisis konsumsi energi manusia yang diperoleh dari *Garmin forerunner 35* memiliki nilai yang berbeda dibandingkan dengan nilai konsumsi energi manusia yang didapat dari perhitungan menggunakan tabel konversi. Hal ini disebabkan oleh beberapa faktor, seperti saat perhitungan energi manusia menggunakan tabel konversi sangat

dipengaruhi oleh nilai konversi yang diperoleh berdasarkan referensi. Nilai konversi untuk energi manusia (laki-laki) pada kegiatan penanaman padi baik secara manual maupun menggunakan mesin yaitu sebesar 1,96 MJ/jam. Selain itu, nilai konsumsi energi manusia yang didapat dari perhitungan menggunakan tabel konversi juga dipengaruhi oleh jumlah waktu kerja dan waktu hilang pada saat penanaman padi berlangsung.

Hasil analisis energi manusia yang didapatkan menggunakan *Garmin Forerunner 35* akan lebih akurat, dikarenakan *Garmin Forerunner 35* memiliki mekanisme kerja yaitu langsung mendeteksi jumlah kalori yang dikeluarkan oleh tubuh berdasarkan denyut jantung petani saat melakukan kegiatan penanaman secara langsung (*real-time*) persatuan waktu. Selain itu, *output* dari *Garmin Forerunner 35* yang berupa jumlah kalori yang digunakan dalam melakukan suatu pekerjaan juga tergantung dari kondisi fisik operator seperti jenis kelamin, umur, berat badan, tinggi badan dan lainnya.

Garmin Forerunner 35 juga telah melalui tahap kalibrasi yang langsung dilakukan oleh pabrik. Sebelum *Garmin Forerunner 35* digunakan untuk mengukur energi manusia pada proses penanaman padi, sebelumnya juga dilakukan percobaan perhitungan jumlah energi yang dikeluarkan manusia pada kegiatan lari santai, maka *Garmin Forerunner 35* akan mengeluarkan *output* total kalori yang digunakan selama kegiatan berlangsung, selanjutnya dibandingkan dengan nilai kalori manusia pada kegiatan lari santai yang didapat dari referensi. Hasil *output* dari *Garmin Forerunner 35* memiliki nilai yang sesuai dengan nilai referensi yang ada. Nilai energi manusia yang diperoleh dari tabel konversi didapatkan dari perhitungan manual menggunakan nilai dari tabel koefisien konversi energi.

Nilai konsumsi energi manusia pada penanaman padi menggunakan *rice transplanter* yang didapatkan menggunakan *Garmin Forerunner 35* diperoleh dari nilai kalori manusia yang dikeluarkan pada saat kegiatan penanaman berlangsung. Total kalori berasal dari nilai denyut jantung manusia permenit atau sering dikenal dengan nilai *Beats Per Minute* (bpm). Grafik denyut jantung operator saat melakukan kegiatan penanaman menggunakan *rice transplanter* permenit dapat dilihat pada Gambar 4.



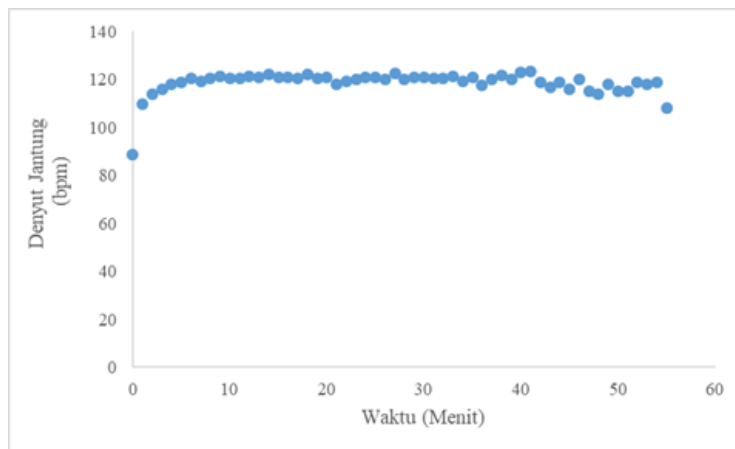
Gambar 4. Denyut jantung operator *rice transplanter*

Gambar 4 merupakan rata-rata grafik denyut jantung operator selama melakukan proses penanaman menggunakan mesin *rice transplanter* pada semua demplot sawah persatuan menit. Operator yang menjalankan mesin *rice transplanter* pada penelitian ini berusia 48 tahun. Menurut Sainsteknologi (2012), denyut jantung normal orang dewasa yang berumur 40-59 tahun yaitu sebesar 60-100 bpm. Pada menit ke 0 didapatkan nilai denyut jantung petani masih dalam keadaan normal yaitu sebesar 96 bpm. Hal ini dikarenakan pada menit ke 0 operator sedang bersiap untuk melakukan kegiatan penanaman.

Selanjutnya, pada menit pertama nilai denyut jantung (bpm) yang dihasilkan meningkat menjadi 120 bpm kemudian cenderung memiliki angka yang fluktuatif hal ini dikarenakan pada menit tersebut operator sedang menjalankan mesin *rice transplanter*. Hal ini sebanding dengan pernyataan Sainsteknologi (2012), yaitu semakin tinggi tingkat aktivitas fisik, maka detak jantung akan semakin cepat dan nilai bpm yang diperoleh akan semakin besar begitu pula sebaliknya.

Detak jantung operator secara keseluruhan selama menjalankan mesin *rice transplanter* cenderung tidak stabil atau sering mengalami peningkatan dan penurunan. Hal ini disebabkan oleh beberapa faktor, seperti getaran dari mesin *rice transplanter* yang menyebabkan denyut jantung operator menjadi tidak stabil. Denyut jantung operator mengalami penurunan saat operator berhenti menjalankan mesin seperti pada kegiatan memasukan atau memperbaiki letak bibit. Selain itu, pada kegiatan proses membelokan mesin juga dapat menyebabkan peningkatan dan penurunan denyut jantung operator.

Garmin Forerunner 35 dapat langsung menampilkan nilai kalori yang digunakan oleh petani saat melakukan kegiatan penanaman. Nilai kalori tersebut yang akan digunakan untuk perhitungan dan analisis konsumsi energi manusia pada kegiatan penanaman padi manual. *Garmin Forerunner 35* juga dapat menampilkan grafik denyut jantung petani selama melakukan kegiatan penanaman. Gambar 5 merupakan grafik denyut jantung petani saat melakukan kegiatan penanaman permenit.

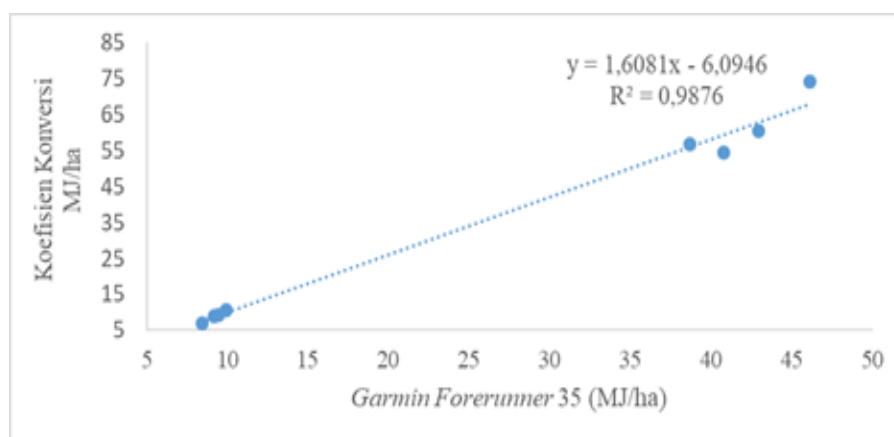


Gambar 5. Denyut jantung petani pada penanaman padi secara manual

Gambar 5 merupakan grafik rata-rata denyut jantung petani selama melakukan proses penanaman secara manual pada seluruh demplot sawah persatuan menit. Penanaman padi secara manual dalam satu demplot sawah dilakukan oleh dua orang petani. Jumlah kalori yang dikeluarkan oleh kedua petani kemudian ditotalkan. Pada menit ke 0 yaitu pada saat petani masih belum bekerja, didapatkan nilai denyut jantung masih dalam keadaan normal yaitu sebesar 89 bpm. Gambar 5 menyajikan grafik denyut jantung petani permenit pada saat penanaman berlangsung. Energi yang dikeluarkan akan menurun saat petani berhenti menanam. Secara keseluruhan dapat dilihat nilai detak jantung petani selama penanaman padi secara manual cenderung dalam keadaan stabil. Hal ini disebabkan pada saat penanaman padi secara manual kegiatan petani hanya membungkuk dan menancapkan bibit padi saja sehingga detak jantung petani stabil. Nilai *input* energi manusia yang didapatkan dari *Garmin Forerunner 35* dan menggunakan tabel konversi pada seluruh demplot dapat dilihat pada Tabel 3.

Demplot	Energi Manusia (MJ/ha)	
	<i>Garmin Forerunner 35</i>	Tabel Konversi
1	9,944	10,573
2	9,456	9,271
3	9,192	9,124
4	8,427	7,036
5	38,673	56,737
6	46,144	74,230
7	42,960	60,504
8	40,788	54,374

Pada Tabel 3, energi manusia pada penanaman padi secara manual demplot 5 sampai 8 yang diperoleh dari *Garmin forerunner 35* maupun menggunakan perhitungan dari koefisien konversi memiliki nilai yang jauh lebih besar dibandingkan dengan nilai energi manusia pada penanaman padi menggunakan *rice transplanter* demplot 1 sampai 4. Hal ini membuktikan bahwa penggunaan mesin *rice transplanter* pada kegiatan penanaman padi mampu meringankan beban pekerjaan petani sehingga energi yang dikeluarkan petani selama kegiatan penanaman lebih sedikit. Hubungan nilai konsumsi energi manusia yang didapatkan dari *Garmin Forerunner 35* dan menggunakan perhitungan tabel konversi dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Perbandingan energi manusia diperoleh dari *garmin forerunner35* dan menggunakan tabel konversi

Pada Gambar 6, dapat dilihat nilai R^2 sebesar 0,9876. Sehingga diperoleh nilai koefisien determinasi (r) sebesar 0,9937. Saat nilai r yang diperoleh mendekati 1 maka dapat dikatakan konsumsi energi manusia yang didapatkan dari *Garmin Forerunner 35* dan menggunakan perhitungan tabel konversi memiliki hubungan yang sangat erat.

D. Perbandingan Total Konsumsi Energi pada Proses Penanaman Padi secara Manual dan Menggunakan *Rice Transplanter*

Total konsumsi energi pada proses penanaman padi menggunakan *rice transplanter* memiliki nilai yang tidak berbeda dengan total konsumsi energi pada proses penanaman padi secara manual. Hal ini dapat dilihat berdasarkan nilai signifikan dari uji statistik yang ditampilkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Total energi pada proses penanaman padi

Perlakuan	Nilai
Total konsumsi energi penanaman padi menggunakan <i>rice transplanter</i> (MJ/ha)	358,952
Total konsumsi energi penanaman padi manual (MJ/ha)	401,48
Sig	0,061
Df	6
t-hitung	2,298
t-tabel	1,943

Berdasarkan Tabel 4, dapat dilihat nilai total konsumsi energi pada proses penanaman padi baik menggunakan *rice transplanter* maupun secara manual memiliki nilai yang tidak jauh berbeda. Berdasarkan hasil analisis didapatkan nilai $\text{sig} > 0,05$ dan nilai $t\text{-hitung} < t\text{-tabel}$ yaitu sebesar $(0,061 > 0,05$ dan $2,298 < 1,943)$. Berdasarkan data tersebut dapat ditarik kesimpulan H_1 diterima, yaitu tidak ada perbedaan nilai konsumsi energi antara penanaman padi secara manual dan menggunakan *rice transplanter*.

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa analisis *input* energi pada kegiatan penanaman padi menggunakan *rice transplanter* yang dikaji dalam empat aspek energi meliputi energi manusia, energi benih, energi bahan bakar dan energi mesin yang memiliki rata-rata total konsumsi energi yaitu sebesar 358,952 MJ/ha. Analisis *input* energi pada kegiatan penanaman padi secara manual yang dikaji dalam dua aspek energi meliputi energi manusia dan energi benih yang memiliki rata-rata total konsumsi energi yaitu sebesar 401,489 MJ/ha. Nilai rata-rata konsumsi energi manusia yang didapatkan dengan dua cara yaitu menggunakan *Garmin Forerunner 35* dan menggunakan perhitungan dari tabel konversi memiliki nilai r sebesar 0,993 yang berarti memiliki hubungan yang sangat erat.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih pada Universitas Andalas melalui Hibah LPPM Universitas Andalas No.95/ UN.16.17/PP.PGB/LPPM/2018 untuk dukungan peralatan yang digunakan.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pusat Statistik (BPS) Sumatera Barat. 2016. Luas Panen (ha), Produksi Padi (ton), dan Produktivitas Padi di Sumatera Barat. Padang. <https://www.sumbar.bps.go.id> [diakses 17 Agustus 2018].
- Ferrero, A. dan Tinarelli, A. 2008. Rice Cultivation in the E. U. Ecological Conditions and Agronomical Practices. Pesticide Risk Assessment in Risk Paddies: Theory and Practice: 1–24. Fook, L. C. 2000. Kartasapoetra, A. G. 1988. Budidaya Tanaman Padi di Lahan Rawa Pasang Surut. PT Bina Aksara: Jakarta.
- Lim JS, Abdul Manan Z, Alwi SRW, Hashim H. 2012. A Review on Utilization of Biomass from Rice Industry as a Source of Renewable Energy. *Renew Sustain Energy Rev.* 2012; 16:3084-94.
- Nangular, R.B, et al., 2016. Influence Of Age and Number Of seedling on Yield and Nutrient Uptek by Mechine Transplanter Rice. *Journal OfBio-Resource and Stress Management* 2016,7(3):393-397 DOI: <http://10.5958/09764038.2016.00061.0> [diakses pada November 2017].
- Muazu, Ishak, Bejo. 2015. Energy Audit for Sustainable Wetland Paddy Cultivation in Malaysia. Department of Biological and Agricultural Engineering. Faculty of Engineering. Universiti Putra Malaysia. Serdang.
- PT. Tani Karya Multi Sarana. 2016. Spesifikasi Rice Transplanter Tipe TK RT 2W-800N. <file:///E:/Bahan/baru/TK%20RT%20W800N%20%20PT.%20TANIKAYA%20MULTI%20SARANA.html>[diakses pada Oktober 2017].
- Safa, mazed. 2010. Journal Energy Use Whet Production (A Case Study for Save, Iran)
- Sainsteknologi, 2012. Bite Per Minute (BPM)
- Santosa, Fadli I, Lia A. 2017. Studi Tekno-Ekonomi Mesin Tanam Indo Jarwo Transplanter 2:1 di Kabupaten Dharmasyara dan Padang Pariaman. *Teknik Pertanian J; TPI* 2017.
- Wahyuni. 2016. Penanaman Padi Konvensional. Bogor. Bumi Aksara