

STUDI KASUS AUDIT ENERGI PADA BUDI DAYA JAGUNG SUMATERA BARAT

Renny Eka Putri, Celsy Lovena, dan Khandra Fahmy

Program Studi Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Andalas

Email: rennyekaputri@ae.unand.ac.id

ABSTRAK

Audit energi telah menjadi faktor utama dalam pertanian berkelanjutan. Produksi pertanian berkorelasi positif dengan input energi yang diberikan. Kegiatan pada budidaya tanaman jagung terbagi atas beberapa kegiatan meliputi proses penanaman, pemupukan, penyemprotan, dan pemanenan. Energi input yang dikeluarkan yakni energi manusia, benih, pupuk, dan herbisida. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi jumlah konsumsi kebutuhan energi pada proses budi daya tanaman jagung. Berdasarkan beberapa sumber input terdiri atas energi tenaga kerja manusia, energi benih, energi herbisida, dan energi pupuk, serta menghitung analisis biaya produksi saat proses budi daya. Distribusi energi untuk masing-masing kegiatan meliputi proses penanaman membutuhkan energi sebesar 292,402 MJ/ha (4%), pemupukan sebesar 4.264,311 MJ/ha (61%), penyemprotan sebesar 2.390,393 MJ/ha (34%), dan pemanenan sebesar 69,082 MJ/ha (1%). Distribusi energi berdasarkan sumber input meliputi, energi manusia sebesar 45,791 MJ/ha (1%), energi benih sebesar 210,639 MJ/ha (3%), energi herbisida sebesar 2.375,249 MJ/ha (34%), dan energi pupuk sebesar 4.247,136 MJ/ha (62%). Energi output yang dihasilkan sebesar 64.427,862 MJ/ha dengan berat hasil tiap satuan luas sebesar 4.382,848 kg/ha dengan rasio energi sebesar 9,183. Rata-rata biaya produksi yang dikeluarkan petani selama proses budi daya sebesar Rp 2.283.594/ha.

Kata Kunci – Audit Energi; *Input*; *Output*; Budi Daya; Jagung; Rasio

PENDAHULUAN

Jagung memiliki peranan penting sebagai produk pangan urutan kedua setelah beras. Selain dikonsumsi oleh manusia, jagung juga dapat dijadikan sebagai pakan ternak, sehingga jagung dikategorikan sebagai bahan pangan yang memiliki banyak manfaat. Terutama dalam bidang produk industri diantaranya sebagai bahan baku dalam pembuatan tepung maizena yang sering digunakan untuk membuat makanan tradisional. Aram (Angka Ramalan) II tahun 2017 menjelaskan luas lahan jagung di Indonesia tahun 2017 sebesar 5.300.000 ha, dan jumlah produksi pada tahun 2017 sebesar 27.950.000 ton. Badan Pusat Statistik (BPS) tahun 2016 menyebutkan luas lahan jagung di Provinsi Sumatera Barat sebesar 101.614,70 ha, dengan jumlah produksi sebesar 70,02 ton, sedangkan untuk Kota Payakumbuh luas lahan jagung pada tahun 2016 sebesar 189,50 ha dengan jumlah produksi sebesar 62,48 ton.

Kota Payakumbuh merupakan salah-satu wilayah peternakan unggas di Provinsi Sumatera Barat. Populasi ternak ayam jenis ras pada tahun 2007 tercatat lebih dari 4 juta ekor yang membutuhkan jagung sebagai pakan utama, dimana dibutuhkan sebanyak lebih kurang 93 juta ton jagung setiap tahunnya (Dinas Peternakan dan Perikanan Kabupaten Lima Puluh Kota, 2007). Permintaan jagung sebagai salah-satu bahan pakan ternak unggas akan terus mengalami peningkatan, akibat besarnya pertumbuhan perusahaan di bidang perunggasan, baik yang bersifat komersial maupun non komersial. Untuk bisa memenuhi permintaan akan jagung diharapkan produksi jagung juga dapat ditingkatkan.

Jumlah produksi jagung yang rendah dipengaruhi oleh faktor penanganan budi daya yang tidak tepat dan penggunaan energi input yang tidak tersebar secara merata. Upaya untuk mengurangi kerugian tersebut dapat dengan memanfaatkan audit energi yang merupakan metode untuk mencapai penghematan energi, jadi dalam konsumsi energi yang berlebihan akan diminimalisir dengan melakukan penggunaan energi yang efektif. Energi input dalam kegiatan pertanian ini terdiri dari bahan bakar, mesin pertanian, benih, pupuk, dan pestisida yang memiliki peranan penting terhadap banyaknya jumlah energi yang digunakan dalam sistem pertanian. Analisa energi untuk budidaya padi telah dilakukan oleh beberapa peneliti (Putri, *et. al.*, 2019a, Putri, *et. al.*, 2019b, Lubis, *et al.*, 2019a dan Lubis, *et al.*, 2019a), hasil menunjukkan bahwa selain pupuk, bahan bakar alat mesin pertanian juga salah satu input energi terbesar yang dikonsumsi dalam budidaya padi.

Penggunaan bahan bakar untuk mesin pertanian secara berkala menyebabkan terjadinya peningkatan biaya produksi pertanian. Namun, karena mesin menggunakan bahan bakar fosil yang

memiliki sifat tidak dapat diperbaharui dan jumlah yang semakin menurun, dibutuhkan energi alternatif untuk peningkatan jumlah pangan dan produktivitas, dengan menekan biaya produksi maupun energi yang dikeluarkan, dari masa penanaman sampai panen yaitu budi daya tanaman jagung. Proses penanaman sampai panen tanaman jagung merupakan proses yang membutuhkan banyak energi, kebutuhan energi yang diberikan dapat menentukan besar atau kecilnya biaya produksi yang dikeluarkan selama budi daya tanaman jagung.

Menurut Rudragouda *et al.* (2017), kebutuhan energi untuk budi daya tanaman jagung di daerah Barat Daya Iran, memiliki input energi yang terdiri dari energi matahari, air, benih, bahan bakar, pupuk (organik-anorganik), dan pestisida sedangkan untuk output energi yang terdiri dari buah jagung dengan nilai rasio sebesar 2,517. Berdasarkan data diatas energi input terbesar berasal dari energi pupuk dan solar, jika energi input yang berasal dari pupuk anorganik dan pestisida digunakan secara berlebihan menyebabkan peningkatan energi input dan kerusakan tanah untuk lahan jagung. Upaya untuk mengurangi penggunaan jumlah energi input yang berlebihan dengan mengurangi konsumsi energi pupuk anorganik, sehingga dapat menghindari terjadinya pemborosan energi dan penurunan kualitas tanah yang berpengaruh terhadap jumlah produksi jagung.

Budi daya jagung dilakukan dengan memanfaatkan energi tenaga manusia yang dikeluarkan saat melakukan tahap penanaman sampai dengan tahap panen, waktu perhitungan energi yakni dihitung sejak mulai melakukan penanaman benih sampai pemanenan. Perhitungan energi manusia yang dikeluarkan saat budi daya dapat dilihat dengan menggunakan nilai dari tabel konversi energi dan Garmin Forerunner 35 untuk meningkatkan ketepatan data dalam menghitung energi manusia, dimana pengukuran energi manusia dengan menggunakan alat ini dilakukan secara langsung (*real-time*). Alat yang dilengkapi dengan optik sensor denyut jantung diharapkan dapat menghasilkan penghitungan yang lebih tepat dan akurat. Untuk melakukan analisis perhitungan konsumsi energi budi daya jagung dari proses penanaman sampai panen, oleh karena itu penulis tertarik untuk melakukan penelitian yang berjudul “Studi Audit Energi Budi Daya Tanaman Jagung”.

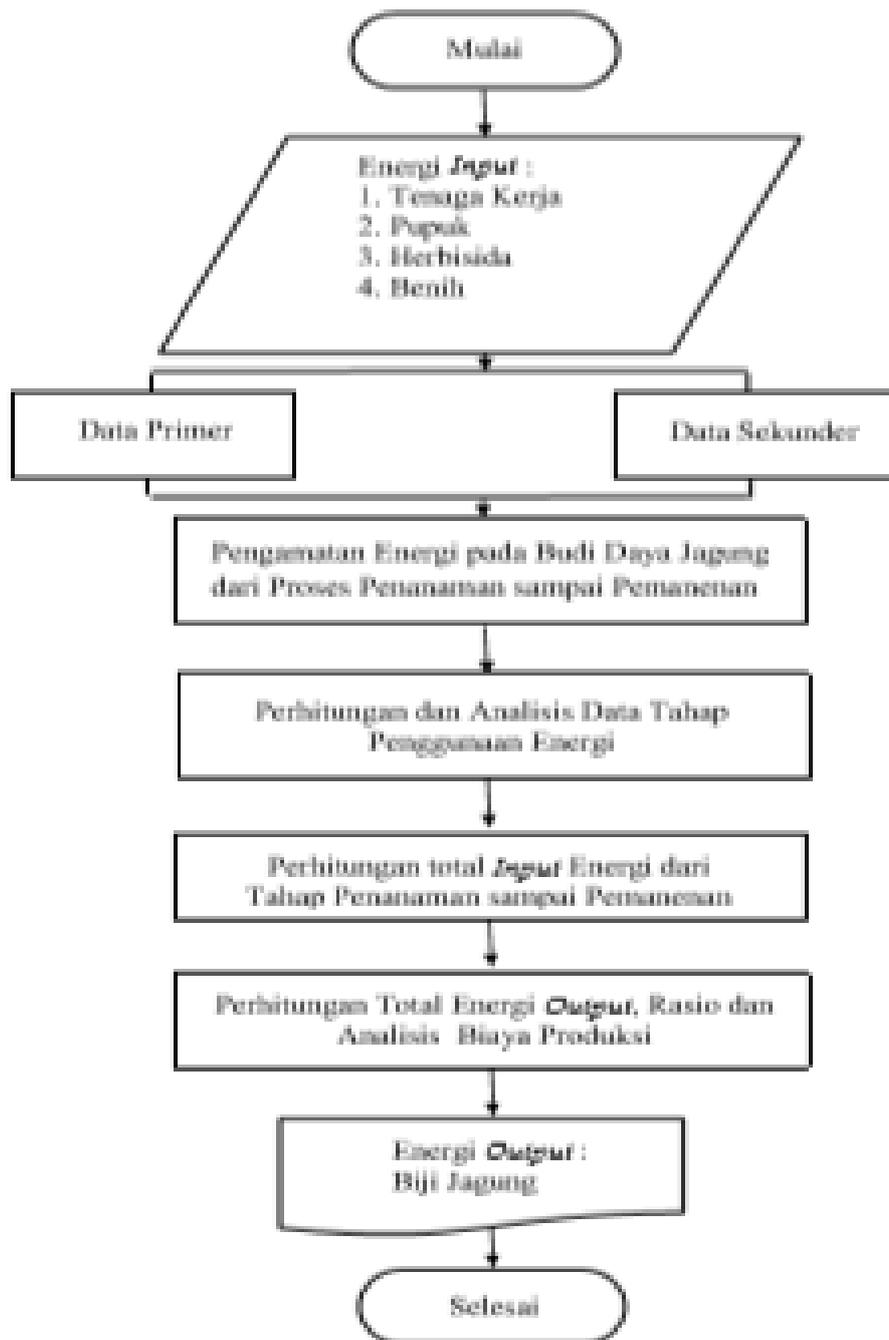
METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan pada 3 lahan jagung milik petani di Kelurahan Sawahpadang Aua Kuniang Kecamatan Payakumbuh Selatan Kota Payakumbuh pada titik koordinat $0^{\circ} 15' 43''$ *latitude* dan $100^{\circ} 38' 23''$ *longitude*, bentuk lahan penelitian dapat dilihat pada Gambar 1. Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah meteran, *garmin forerunner 35*, *stopwatch* digital, *heart rate monitor* (HRM), *software garmin connect*, *GPS Garmin (GPSmap62sc)*, timbangan berat badan digital, aplikasi *geographic information system 10.5*, gelas ukur kapasitas 1000 ml, *hanging balance*, dan *sprayer*. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah benih jagung hibrida P32, lahan, pupuk urea, pupuk phonska, gramoxone dan tenaga kerja.

Data yang diperoleh selama penelitian selanjutnya akan diolah dan dianalisis. Pengolahan dan analisis data total *input* energi selama proses penanaman hingga panen tanaman jagung, data *input* energi manusia yang didapatkan secara *real-time* dan menggunakan tabel konversi. Tahapan penelitian yang dilakukan dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 1. Lahan Penelitian



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

A. Energi Input

1. Energi Manusia

Perhitungan besarnya energi yang dikeluarkan oleh petani saat melakukan penanaman hingga panen 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 kilo kalori. Data tersebut kemudian dikalikan dengan $4,1868 \times 10^{-3}$ sebagai faktor konversi kilo kalori menjadi MJ. Kemudian, data energi manusia yang didapatkan akan dibagikan 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).

$$HE = \frac{N \times H \times lc}{A} \dots\dots\dots(1)$$

keterangan:

- HE = Energi tenaga kerja manusia (MJ/ha)
- N = Jumlah tenaga kerja (orang)
- H = Durasi selama kegiatan (jam)
- fk = Faktor konversi energi (1,96 MJ/jam) atau (1,57 MJ/jam)
- A = Luas lahan jagung yang ditanam (ha)

2. Energi Benih

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

$$SE = \frac{Sq \times sc}{A} \dots\dots\dots(2)$$

keterangan:

- SE = Energi benih (MJ/ha)
- Sq = Berat benih yang digunakan (kg)
- fk = Faktor konversi energi benih (14,7 MJ/kg)
- A = Luas lahan jagung yang ditanam (ha)

3. Energi Herbisida

Energi herbisida dihitung dengan persamaan sebagai berikut (Muazu *et al.*, 2015):

$$PE = \frac{Pq \times Pc}{A} \dots\dots\dots(3)$$

keterangan:

- PE = Energi herbisida (MJ/ha)
- Pq = Berat herbisida yang digunakan (kg)
- Pc = Faktor konversi energi herbisida (288 MJ/kg)
- A = Luas lahan jagung yang ditanam (ha)

4. Energi Pupuk

Energi pupuk dihitung dengan persamaan sebagai berikut (Muazu *et al.*, 2015):

$$FTE = \frac{FTq}{A} \sum_{i=1}^n FTi \times FTci \dots\dots\dots(4)$$

keterangan:

- FTE = Energi pupuk (MJ/ha)
- FTq = Berat pupuk yang digunakan (kg)
- FTi = Komposisi persen dari elemen ke-i (0,46; 0,15;0,15;0,15; dan 0,1)
- FTci = Faktor konversi energi untuk unsur pupuk ke-i (N= 60,60MJ/kg, P= 11,10 MJ/kg, K= 6,70 MJ/kg, dan S= 9,23 MJ/kg)
- A = Luas lahan jagung yang ditanam (ha)

B. Energi Output

Penelitian ini *output* energi yang dianalisis yaitu biji jagung, biji jagung yang dihasilkan saat pemanenan ditimbang. *Output* dari biji jagung dicatat dari semua lahan kemudian dikonversikan menjadi nilai energi, menghitung nilai energi *output* biji jagung dapat menggunakan persamaan sebagai berikut

(Muazu *et al.*, 2015):

$$SE = \frac{Sq \times sc}{A} \dots\dots\dots(5)$$

keterangan:

- SE = Energi benih jagung (MJ/ha)
- Sq = Berat benih jagung (kg)
- sc = Faktor konversi energi benih jagung (14,7 MJ/kg)
- A = Luas lahan jagung yang ditanam (ha)

Metode yang digunakan dalam pengukuran kadar air yakni metode *oven*. Benih jagung ditimbang sebanyak 15 gram menggunakan timbangan digital dalam cawan yang sudah diukur susut bobot keringnya. Bahan dikeringkan dengan cara menyimpan bahan di dalam *oven* dengan suhu 103°C selama 72 jam hingga berat bahan konstan. Setelah dikeringkan bahan ditimbang kembali dengan timbangan digital (ASAE, 2003). Persamaan yang digunakan untuk mengukur kadar air diantaranya

$$M = \frac{b-c}{b-a} \times 100\% \dots \dots \dots (6)$$

keterangan:

- M = Kadar air (%)
- a = Berat cawan (gram)
- b = Berat cawan ditambah berat sampel sebelum di *oven* (gram)
- c = Berat cawan ditambah berat sampel setelah di *oven* (gram)

C. Rasio Energi

Parameter yang terdapat dalam perhitungan rasio diantaranya rasio energi yang diperoleh dari perbandingan nilai *output* energi dan *input* energi per hektar. Intensitas energi (MJ/kg) yang diperoleh dari rasio total *input* energi per hektar (MJ/ha) dengan total hasil buah per hektar (kg/ha). Produktivitas energi (kg/MJ) yang diperoleh dari rasio total biji jagung per hektar (kg/ha) terhadap total *input* energi per hektar (MJ/ha). Energi bersih (MJ/ha) yang diperoleh dari hasil pengurangan total *output* energi per hektar dengan total *input* energi per hektar.

D. Biaya Kegiatan Budi Daya

1. Tenaga Kerja

Biaya tenaga kerja yang tidak terikat kontrak diberikan berdasarkan upah harian yang diterima pekerja, setiap melakukan kegiatan pada proses tanam hingga panen tanaman jagung (Muazu, 2015). Perhitungan biaya tenaga kerja dapat diketahui dengan persamaan sebagai berikut:

$$HEt = \frac{A}{10.000 \text{ ha}} \times n \times Wot \dots \dots \dots (7)$$

keterangan:

- HEt = Biaya tenaga kerja (Rp/ha)
- A = Luas Lahan (m²)
- Wot = Upah tenaga kerja (Rp/ha)
- n = Banyak pekerja (angka)

2. Benih

Perhitungan biaya benih dapat diketahui dengan persamaan sebagai berikut (Muazu, 2015):

$$SC = \frac{Cps}{A} \dots \dots \dots (8)$$

keterangan:

- SC = Biaya benih (Rp/ha)
- Cps = Biaya pengadaan benih (Rp)
- A = Luas lahan jagung yang ditanam (ha)

3. Herbisida

Perhitungan biaya herbisida dapat diketahui dengan persamaan sebagai berikut (Muazu, 2015):

$$PC = CPp \times UPC \dots \dots \dots (9)$$

keterangan:

- PC = Biaya herbisida (Rp/ha)
- CPp = Volume herbisida yang digunakan (l/ha)
- UPC = Harga herbisida dipasar (Rp/l)

4. Pupuk

Perhitungan biaya pupuk dapat diketahui dengan menggunakan persamaan sebagai berikut (Muazu, 2015):

$$CPf = \frac{CPft}{A} \dots \dots \dots (10)$$

keterangan:

- CPf = Biaya pupuk (Rp/ha)
 CPft = Biaya pupuk dipasar (Rp)
 A = Luas lahan jagung yang ditanam (ha)

5. Total Biaya

Total biaya produksi dapat diketahui dengan menggunakan persamaan sebagai berikut (Muazu, 2015):

$$TC = HEt + SC + PC + CPf \dots\dots\dots(11)$$

keterangan:

- Tc = Total biaya produksi (Rp/ha)
 HEt, SC, PC, dan Cpf hasil dari persamaan yang telah dihitung sebelumnya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Penanaman

Kegiatan penanaman terdapat dua energi yang dikeluarkan yakni energi manusia dan energi benih. Pada Tabel 1, dapat dilihat bahwa total energi yang dikeluarkan saat proses penanaman sebanyak 292,402 MJ/ha, rata-rata total energi manusia yang dikeluarkan sebanyak 81,762 MJ/ha dan energi benih sebanyak 201,639 MJ/ha. Data tersebut disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Data Energi yang Dikeluarkan Saat Penanaman

Lahan	Luas (m ²)	Energi Input (MJ/ha)		Total
		Manusia	Benih	
1	554	84,590	214,353	298,943
2	460	81,012	209,315	290,328
3	420	79,685	208,250	287,935
Rata-rata	401	81,762	210,639	292,402
STDV		2,537	3,260	5,789

Jumlah konsumsi energi *input* pada proses penanaman untuk energi manusia lahan 3 mengeluarkan energi manusia dan energi benih sedikit yakni berturut-turut sebesar 79,685 MJ/ha dan 208,250 MJ/ha. Jumlah energi manusia yang dikeluarkan saat proses penanaman dipengaruhi oleh total waktu kerja, luas lahan, dan kondisi petani sedangkan energi benih dipengaruhi oleh jumlah benih, luas lahan, dan jarak tanam.

B. Pemupukan

Pada Tabel 2, dapat dilihat bahwa pada kegiatan pemupukan ada dua energi yang dikeluarkan diantaranya energi manusia saat melakukan pemupukan dan energi pupuk. Total rata-rata energi yang dikeluarkan untuk kedua kegiatan tersebut sebesar 4.264,311 MJ/ha, rata-rata total energi manusia sebesar 17,175 MJ/ha dan rata-rata total energi pupuk sebesar 4.247,136 MJ/ha. Penggunaan energi *input* saat kegiatan pemupukan dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Data Energi Input Proses Pemupukan

Lahan	Luas Lahan (m ²)	Energi Input (MJ/ha)		Total
		Manusia	Pupuk	
1	554	18,737	3.687,182	3.705,919
2	460	16,687	4.350,715	4.367,402
3	420	16,101	4.703,510	4.719,611
Rata-rata	401	17,175	4.247,136	4.264,311
STDV		1,384	516,021	514,649

Menurut Hasan Vural (2012), penggunaan energi pupuk anorganik di wilayah Provinsi Bursa sebesar 3.738,03 MJ/da (3.738.030 MJ/ha) dengan persentase sebesar 51,47%. Jika dibandingkan

dengan hasil penelitian energi pupuk yang dikeluarkan lebih sedikit, disebabkan oleh beberapa faktor yakni jumlah penggunaan pupuk dan luasan lahan tanam yang berbeda menyebabkan energi yang dikeluarkan juga berbeda. Pupuk yang digunakan saat penelitian hanya jenis pupuk anorganik yaitu Urea (Nitrogen) dan Phonska (Nitrogen, Fosfor, Kalium, dan Sulfur). Pemupukan hanya dilakukan satu kali saja, hal itu dikarenakan lahan penelitian merupakan lahan bekas tempat pengumpulan sampah yang memiliki kandungan unsur hara yang tinggi menyebabkan petani tidak menggunakan pupuk kandang, pupuk organik dan pupuk lainnya.

C. Penyemprotan

Penyemprotan merupakan langkah alternatif dari kegiatan penyiangan, penyemprotan dilakukan dengan memanfaatkan bahan kimia. Kegiatan penyemprotan dilakukan saat tumbuhan pengganggu yang berada disekitar tanaman jagung mulai tumbuh tinggi dan mengganggu pertumbuhan tanaman utama. Pada proses penyemprotan energi yang dikeluarkan yakni energi manusia dan energi herbisida. Penggunaan energi *input* saat proses penyemprotan dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Data Energi *Input* Proses Penyemprotan

Lahan	Luas Lahan (m ²)	Energi <i>Input</i> (MJ/ha)		Total
		Manusia	Herbisida	
1	554	16,210	2.052,655	2.068,864
2	460	14,948	2.604,522	2.619,470
3	420	14,272	2.468,571	2.482,844
Rata-rata	401	15,143	2.375,249	2.390,393
STDV		0,983	287,526	286,709

Berdasarkan Tabel 3, dapat dilihat bahwa pada kegiatan penyemprotan ada dua energi yang dikeluarkan yakni energi manusia yang memiliki total rata-rata energi sebesar 15,143 MJ/ha, dan energi herbisida sebesar 2.375,249 MJ/ha dengan total rata-rata energi yang dikeluarkan dari dua kegiatan tersebut sebesar 2.390,393 MJ/ha, perhitungan dapat dilihat pada Lampiran 6. Menurut Hasan Vural (2012), pada wilayah Provinsi Bursa, Turki proses penyemprotan tanaman jagung dengan menggunakan fungisida diperoleh sejumlah energi yang dikeluarkan sebesar 21,60 MJ/da (21.600 MJ/ha). Jika dibandingkan dengan penelitian ini didapatkan penggunaan energi pada proses penyemprotan lebih kecil daripada wilayah Provinsi Bursa, Turki. Herbisida yang digunakan merupakan herbisida jenis *gramoxone* yang memiliki fungsi untuk membasmi dan menekan pertumbuhan tanaman gulma dan rumput liar.

Jumlah konsumsi energi manusia paling rendah terdapat pada lahan 3 sebesar 14,272 MJ/ha dan penggunaan energi herbisida paling besar terdapat pada lahan 2 sebesar 2.604,522 MJ/ha. Faktor utama yang menyebabkan lahan 3 memiliki jumlah energi manusia paling rendah, hal ini dipengaruhi oleh waktu kerja yang dibutuhkan petani selama melakukan kegiatan. Safa *et al.* (2010), menyatakan nilai konsumsi energi manusia selama proses budi daya tergantung pada lama waktu kerja operator.

D. Pemanenan

Menurut Yosefrizal (2012), bahwa waktu panen yang tepat ditentukan oleh tingkat kemasakan biji, namun yang paling utama merupakan penampilan visual (telah menuanya klobot dan bagian tanaman keseluruhan). Pada kegiatan pemanenan jagung terdapat satu energi yang dikeluarkan yakni energi manusia, penggunaan energi manusia saat kegiatan pemanenan dapat dilihat dalam Tabel 4.

Tabel 4. Data Energi *Input* Proses Pemanenan

Lahan	Luas Lahan (m ²)	Energi <i>Input</i> (MJ/ha)	Total
		Manusia	
1	554	75,249	75,249
2	460	68,871	68,871
3	420	63,126	63,126
Rata-rata	401	69,082	69,082
STDV		6,064	6,064

Total rata-rata penggunaan energi manusia saat kegiatan pemanenan sebesar 69,082 MJ/ha, pada proses ini hanya energi manusia saja yang dikeluarkan. Penggunaan energi manusia paling rendah terdapat pada lahan 3 yaitu sebesar 63,126 MJ/ha. Faktor utama yang menyebabkan lahan 3 mengeluarkan energi manusia yang sedikit karena faktor keahlian petani dalam melakukan proses pemanenan, kondisi lahan penelitian, dan kesehatan petani saat melakukan proses pemanen. Kegiatan pemanenan menghasilkan *output* berupa buah jagung yang belum dipipil, akan tetapi peneliti tidak menghitung energi saat kegiatan pemipilan karena batasan yang peneliti berikan dalam penelitian yakni, dari kegiatan awal tanam sampai panen dengan *output* yang dihasilkan berupa biji jagung yang sudah dipipil.

E. Analisis Energi Output

Output energi merupakan energi yang berasal dari hasil akhir energi *input* yang digunakan selama kegiatan tanam sampai panen jagung, dimana *output* dari penelitian ini yaitu biji jagung yang ditimbang beratnya dari masing-masing lahan. Total *output* yang dihasilkan disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Data *Output* dan Berat Biji Jagung

Lahan	<i>Output</i> Energi (MJ/ha)	Berat Hasil (kg/ha)	
		Kadar Air 25%	Kadar Air 12%
1	75.956,365	5.663,636	4.826,964
2	65.501,922	5.228,261	4.455,913
3	58.825,300	4.535,714	3.865,667
Rata-Rata	64.427,862	5.142,537	4.382,667
STDV	7.126,497	568,826	484,796

Berdasarkan Tabel 5, dapat dilihat bahwa total rata-rata *output* energi yang didapatkan dari hasil kegiatan tanam sampai panen berupa biji jagung sebesar 64.427,862 MJ/ha dan rata-rata berat hasil biji jagung yang diperoleh dari ketiga lahan seberat 4.382,667 kg/ha.

F. Distribusi Input Energi Berdasarkan Sumber Input

Pada penelitian ini energi *input* berdasarkan sumber terdiri dari energi manusia, energi benih, energi pupuk, dan energi herbisida.

1. Energi Manusia

Data yang diperoleh dari *Garmin Forerunner 35* yakni data jumlah kalori yang dikeluarkan saat bekerja, total waktu selama bekerja, kecepatan kerja dan, grafik detak jantung. Total waktu kerja petani selama melakukan proses budidaya terdapat pada Tabel 6.

Tabel 6. Total Waktu Kerja Petani Selama Penelitian

Kegiatan	Waktu (jam)			Total
	Lahan 1	Lahan 2	Lahan 3	
Penanaman	1,482	1,187	1,066	3,735
Pemupukan	0,328	0,244	0,215	0,787
Penyemprotan	0,455	0,351	0,306	1,112
Pemanenan	1,318	1,009	0,844	3,171
Total	3,583	2,791	2,431	8,805

Berdasarkan Tabel 6, dapat dilihat bahwa rata-rata total waktu kerja petani selama melakukan penelitian ini sebesar 8,805 jam. Menurut Pimental (2009), total waktu kerja tenaga manusia yang dibutuhkan petani jagung di wilayah Indonesia dan India yakni rata-rata memiliki total waktu kerja selama 634 jam jika dibandingkan dengan penelitian ini total waktu kerja tenaga manusia yang dibutuhkan lebih sedikit. Nilai konsumsi energi manusia dapat dilihat pada Tabel 7.

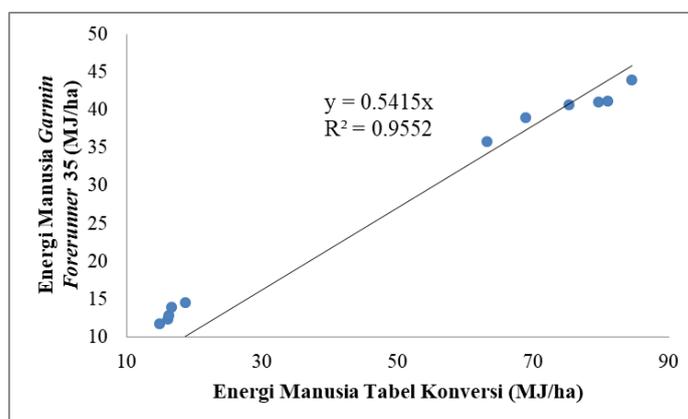
Berdasarkan Tabel 7, dapat dilihat bahwa jumlah konsumsi energi manusia yang didapatkan dari *Garmin Forerunner 35* dan tabel konversi memiliki nilai yang berbeda. Hal ini disebabkan karena beberapa faktor diantaranya pengukuran dengan menggunakan perhitungan tabel konversi dipengaruhi

oleh jumlah waktu kerja dan waktu hilang yang di dapatkan saat kegiatan berlangsung, selain itu nilai konversi yang digunakan juga dapat mempengaruhi hasil perhitungan, nilai konversi energi manusia pada kegiatan penanaman hingga pemanenan tanaman jagung untuk laki-laki dan perempuan secara berurut yakni 1,96 MJ/ha dan 1,57 MJ/ha dan pengalaman petani dalam bekerja juga dapat mempengaruhi hasil. Petani yang profesional akan membutuhkan waktu kerja yang lebih sedikit jika dibandingkan dengan petani yang sedikit pengalamannya dalam kegiatan ini. Jumlah kalori yang terhitung dapat dipengaruhi oleh jenis kelamin petani, umur petani, berat badan petani, tinggi badan petani, dan keadaan fisik petani saat melakukan kegiatan.

Tabel 7. Nilai Konsumsi Energi Manusia

Kegiatan	Energi Manusia (MJ/ha)	
	Konversi	Garmin Forerunner 35
Penanaman	84,590	43,923
	81,012	41,049
	79,685	40,971
Rata-Rata	81,762	41,981
Pemupukan	18,737	14,463
	16,687	13,835
	16,101	12,261
Rata-Rata	17,175	13,250
Penyemprotan	16,210	12,789
	14,948	11,650
	14,272	9,171
Rata-Rata	15,143	11,203
Pemanenan	75,249	40,574
	68,871	38,955
	63,126	35,787
Rata-Rata	69,082	38,439

Berdasarkan Tabel 7, dapat dilihat bahwa jumlah konsumsi energi manusia yang didapatkan dari *Garmin Forerunner 35* dan tabel konversi memiliki nilai yang berbeda. Hal ini disebabkan karena beberapa faktor diantaranya pengukuran dengan menggunakan perhitungan tabel konversi dipengaruhi oleh jumlah waktu kerja dan waktu hilang yang di dapatkan saat kegiatan berlangsung, selain itu nilai konversi yang digunakan juga dapat mempengaruhi hasil perhitungan, nilai konversi energi manusia pada kegiatan penanaman hingga pemanenan tanaman jagung untuk laki-laki dan perempuan secara berurut yakni 1,96 MJ/ha dan 1,57 MJ/ha dan pengalaman petani dalam bekerja juga dapat mempengaruhi hasil. Petani yang profesional akan membutuhkan waktu kerja yang lebih sedikit jika dibandingkan dengan petani yang sedikit pengalamannya dalam kegiatan ini. Jumlah kalori yang terhitung dapat dipengaruhi oleh jenis kelamin petani, umur petani, berat badan petani, tinggi badan petani, dan keadaan fisik petani saat melakukan kegiatan.



Gambar 3. Grafik Hubungan Energi Manusia Konversi dan Energi Manusia Garmin Forerunner 35

Berdasarkan Gambar 3, dapat dilihat bahwa nilai R^2 sebesar 0,9552. Sehingga diperoleh nilai koefisien korelasi (r) sebesar 0,9758. Saat nilai r yang diperoleh mendekati 1 maka dapat dikatakan bahwa konsumsi energi manusia yang diperoleh dari *Garmin Forerunner 35* dan menggunakan perhitungan tabel konversi memiliki hubungan yang sangat erat.

2. Energi Benih

Energi benih terdapat pada kegiatan penanaman saja, nilai rata-rata energi benih yang diperoleh sebesar 210,639 MJ/ha. Pada Tabel 8 dapat dilihat jumlah benih yang digunakan selama penelitian.

Tabel 8. Jumlah Benih yang Digunakan untuk Setiap Lahan

Lahan	Luas Lahan (ha)	Jumlah benih (kg)	Berat Hasil (kg/ha)
1	0,055	0,802	14,473
2	0,046	0,650	14,119
3	0,042	0,595	14,012
Total	0,144	2,047	42,604
Rata-Rata	0,048	0,682	14,201

Berdasarkan Tabel 8, dapat dilihat bahwa jumlah benih yang digunakan selama kegiatan penanaman dengan luasan lahan sebesar 0,144 ha didapatkan total rata-rata berat hasil sebesar 42,604 kg/ha. Menurut Moraditochae (2012), berat benih yang digunakan selama penelitian yang dilakukan pada wilayah Utara Iran seberat 312 kg dengan luas lahan 20 ha, sehingga didapatkan berat hasil sebesar 47.424 kg/ha.

3. Energi Pupuk

Nilai rata-rata energi pupuk pada penelitian ini sebesar 4.247,136 MJ/ha, pupuk anorganik memiliki pengaruh yang sangat besar terhadap energi pupuk pada penelitian ini karena petani tidak menggunakan pupuk organik, pupuk kandang, dan pupuk lainnya. Pada Tabel 9, nilai rata-rata berat pupuk yang digunakan pada penelitian budidaya tanaman jagung ini sebesar 209,205 kg/ha.

Tabel 9. Jenis dan Berat Pupuk Persatuan Luas

Jenis Pupuk	Berat Pupuk (kg/ha)			Total	Rata-Rata
	Lahan 1	Lahan 2	Lahan 3		
Urea	90,909	107,609	116,190	314,708	104,903
Phonska	90,909	106,522	115,476	312,907	104,302
Total	181,818	214,130	231,667	627,615	209,205

4. Energi Pestisida Kimia

Rata-rata nilai energi herbisida yang dikeluarkan sebesar 2.390,393 MJ/ha, jumlah herbisida yang digunakan persatuan luas terdapat pada Tabel 10. Berdasarkan Tabel 10, dapat dilihat bahwa rata-rata berat herbisida yang digunakan pada penelitian ini sebesar 8,247 kg/ha. Menurut Chilur *et al.* (2017), penggunaan pestisida yang baik dan dapat menghasilkan pencapaian optimal terhadap nilai produksi sebesar 0,743 kg/ha. Oleh karena itu perlu dilakukan proses meminimalisir penggunaan jumlah pestisida agar terhindar dari penggunaan energi secara berlebihan.

Tabel 10. Berat Herbisida Persatuan Luas

Lahan	Luas Lahan (m ²)	Berat (kg/ha)
1	0,055	7,127
2	0,046	9,043
3	0,042	8,571
Total	0,144	24,742
Rata-rata	0,048	8,247

G. Analisis Rasio Energi

Pada Tabel 12, dapat dilihat bahwa berat hasil tiap satuan luas yang diperoleh sebesar 4.382,848 kg/ha. Rasio energi pada penelitian ini merupakan keuntungan energi yang didapatkan petani sebesar 9,183 kali lipat dari energi *input* yang mereka keluarkan, sedangkan nilai intensitas energi dan produktivitas energi yang didapatkan nilai secara berturut sebesar 1,601 MJ/kg dan 0,625 kg/MJ. Pada kegiatan ini dapat disimpulkan bahwa untuk memproduksi 1 kg biji jagung membutuhkan 1,601 MJ/kg energi *input* dari empat sumber energi, sementara dengan 1 MJ energi dapat memproduksi 0,625 gram biji jagung. Penjabarkan analisis rasio energi dari penanaman sampai panen tanaman jagung disajikan pada Tabel 11.

Tabel 11. Analisis Rasio Energi

No	Deskripsi	Hasil
1.	Berat Hasil tiap Satuan Luas	4.382,848 kg/ha
2.	Rasio Energi (<i>output/input</i>)	9,183
3.	Intensitas Energi	1,601 MJ/kg
4.	Produktivitas Energi	0,625 kg/MJ
5.	Energi Bersih	57.411,675 MJ/ha

Energi bersih yang diperoleh sebesar 57.411,675 MJ/ha. Menurut Chilur *et al.* (2017), proses konsumsi energi budidaya tanaman jagung di wilayah Karnataka Utara India memperoleh intensitas energi sebesar 2,90 MJ/kg jika dibandingkan dengan nilai hasil dari penelitian ini didapatkan intensitas energi dan energi bersih yang lebih kecil dari wilayah India, sedangkan untuk nilai rasio energi dan produktivitas energi di wilayah India diperoleh nilai hasil yang lebih kecil, dari penelitian ini yakni masing-masing sebesar 5,07 dan 0,35 kg/MJ.

H. Analisis Biaya Produksi

Biaya produksi merupakan jumlah keseluruhan biaya yang dikeluarkan petani saat melakukan suatu kegiatan, dimana pada penelitian ini terdapat 4 jenis kegiatan yang mengeluarkan biaya diantaranya biaya upah pekerja, biaya benih, biaya pupuk, dan biaya pestisida. Tabel 12 menjabarkan total biaya produksi saat kegiatan penanaman hingga panen. Rata-rata total biaya yang dikeluarkan untuk ketiga lahan sebesar Rp 2.283.594/ha.

Tabel 12. Biaya Produksi Budidaya Jagung

Lahan	Total Biaya
1	2.180.189
2	2.329.712
3	2.340.882
Rata-rata	2.283.594

KESIMPULAN

- Berdasarkan data hasil penelitian yang telah didapatkan selama penelitian, dapat disimpulkan:
1. Hasil analisis audit energi untuk kegiatan penanaman meliputi energi manusia sebesar 81,762 MJ/ha dan energi benih sebesar 210,639 didapatkan total energi penanaman sebesar 292,402; kegiatan pemupukan meliputi energi manusia sebesar 17,175 MJ/ha dan energi pupuk sebesar 4.280,617 MJ/ha didapatkan total energi pemupukan sebesar 4.264,311 MJ/ha; kegiatan penyemprotan meliputi energi manusia sebesar 15,143 MJ/ha dan energi herbisida sebesar 2.375,249 MJ/ha didapatkan total energi sebesar 2.390,393 MJ/ha; dan kegiatan pemanenan meliputi energi manusia saja yakni sebesar 69,082 MJ/ha. Total rata-rata *output* yang dikeluarkan sebesar 64.427,862 MJ/ha.
 2. Total biaya produksi yang dikeluarkan pada lahan 1 sebesar Rp 2.180.189/ha, lahan 2 sebesar Rp 2.329.712/ha, dan lahan 3 sebesar Rp 2.340.882/ha.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih pada Hibah LPPM Universitas Andalas Kontrak Nomor: 95/ UN.16.17/PP.PGB/LPPM/2018 untuk dukungan peralatan yang digunakan.

DAFTAR PUSTAKA

- Dinas Peternakan dan Pertanian. 2007. Analisis Penawaran Jagung untuk Pakan Ayam Ras di Kabupaten Lima Puluh Kota. Payakumbuh: Politeknik Pertanian Negeri Payakumbuh.
- Lubis, M. I. A., Putri, R. E., Hasan, A., Arlius, F., & Santosa, S. 2019. Evaluasi Kinerja dan Energi pada Aktivitas Penyemprotan Padi di Sumatera Barat. *Rona Teknik Pertanian*, 12(2): 49-57.
- Lubis, M. I. A., Putri, R. E., Arlius, F., & Hasan, A. 2019. Energy Consumption on Tillage Operation in Low Land Paddy Cultivation. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. Vol. 327, No. 1, p. 012010. IOP Publishing
- Moraditochae. 2012. Indikasi Energi Investigasi Produksi Jagung di Utara Iran. *Utara Iran: Jurnal ARPN Ilmu Pertanian dan Biologi*.
- 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.
- Pimental, D. 2009. Input Energi dalam Produksi Tanaman Pangan di Negara Berkembang dan Negara-Negara Maju. New York: Universitas Cornell.
- Putri, R. E., Fadhilah, R., & Cherie, D. 2019a. Studi Perbandingan Konsumsi Energi Pada Proses Penanaman Padi Manual Dan Rice Transplanter. *Jurnal Teknologi Pertanian Andalas*, 23(2): 133-144.
- Putri R., E., Andasuryani, & Mardalena, L., 2019b. Analisis Perbandingan Konsumsi Energi Penggilingan Gabah Pada Rice Milling Unit (RMU) Statis Dan Dinamis. *Jurnal Teknologi Pertanian*, 8(1): 29-37.
- Rudragouda, C. dan Shiddanagouda, Y. 2017. Energy Audit of Maize Production System of Selected Villages of North Karnataka. *Jurnal Current Microbiology Application Science*. 6 (8): 3564-3571.
- Vural, Hasan dan Efecan, Ibrahim. 2012. An analysis of energy use and input costs for maize production in Turkey. *Journal of Food, Agriculture & Environment*, 10 (2): 613-616.
- Yosefrizal. 2012. Peningkatan Produksi Jagung Melalui Perbaikan Teknik Budidaya. Payakumbuh: KJF.