

## Hasil Penelitian

# PENENTUAN TEKNOLOGI TEPAT GUNA PEMANFAATAN BIOMASSA KELAPA SAWIT UNTUK PEKEBUN RAKYAT SKALA UMKM DI SUMATERA UTARA MENGGUNAKAN PENDEKATAN BOCR-AHP

## *(DETERMINING APPROPRIATE TECHNOLOGY OF UTILIZATION OF OIL PALM BIOMASS FOR SMALLHOLDERS AT SMALL AND MEDIUM ENTERPRISES SCALE IN NORTH SUMATERA USING BOCR-AHP APPROACH)*

*Zulfi Prima Sani Nasution, Rizki Amalia, Ratnawati Nurkhoiry,  
Muhammad Ansori Nasution*

Pusat Penelitian Kelapa Sawit  
Jl. Brigjend Katamso No. 51 Kampung Baru, Medan  
Sumatera Utara - Indonesia  
email: zulfi.primasani@gmail.com

*Diterima: 12 Desember 2019; Direvisi: 05 Maret 2020; Disetujui: 20 April 2020*

### ABSTRAK

Keberadaan bisnis kelapa sawit yang dikelola pekebun rakyat umumnya masih terbatas pada usaha penjualan tandan buah segar (TBS). Hal ini menimbulkan risiko besar terhadap performa kinerja usaha kebun karena harga TBS yang fluktuatif. Pemanfaatan biomassa kelapa sawit dapat menjadi salah satu peluang usaha yang menjanjikan bagi pekebun sawit sekaligus mendukung ketahanan pangan dan energi masyarakat di pedesaan. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan teknologi pemanfaatan biomassa kelapa sawit yang paling tepat bagi pekebun kelapa sawit dan mengetahui faktor-faktor yang mempengaruhi pekebun dalam pemilihan teknologi pemanfaatan biomassa sawit. Penelitian dilakukan di 4 (empat) kabupaten di Sumatera Utara, yaitu: Langkat, Labuhanbatu, Batubara, dan Serdang Bedagai. Proses analisis hierarki (AHP) digunakan untuk menentukan teknologi pemanfaatan biomassa yang paling tepat bagi pekebun kelapa sawit rakyat. Kriteria yang digunakan adalah manfaat, peluang, risiko, dan biaya, dengan subkriteria meliputi pendapatan, penyerapan tenaga kerja, kemudahan operasional, potensi bahan baku, potensi pasar, biaya investasi, biaya operasional dan pemeliharaan, risiko kegagalan operasional, risiko pasar dan risiko lingkungan. Penelitian menggunakan pendekatan survei, wawancara dan focus group discussion (FGD) dalam memperoleh data primer yang dilengkapi kuisioner. Alternatif teknologi meliputi briket arang tandan kosong sawit, pelet pelepah sawit, kerajinan lidi sawit, jamur tandan kosong sawit, gula merah sawit, pakan ternak berbasis sawit, papan sawit, dan kompos tandan kosong sawit. Analisis regresi logistik multinomial digunakan untuk menentukan faktor-faktor yang mempengaruhi pekebun dalam memilih teknologi pemanfaatan biomassa kelapa sawit. Analisis AHP dilakukan menggunakan program Expert Choice sementara analisis regresi logistik multinomial dilakukan menggunakan program STATA. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dibandingkan alternatif teknologi lainnya, teknologi kerajinan lidi sawit menjadi prioritas utama sebagai teknologi paling tepat dikembangkan oleh UMKM pekebun sawit di Sumatera Utara. Pengembangan UMKM kerajinan lidi sawit dapat menjadi salah satu sumber pendapatan alternatif bagi UMKM pekebun sawit disamping penjualan hasil Tandan Buah Segar (TBS). Hasil analisis regresi multinomial logistik menjelaskan bahwa keputusan pekebun memilih kerajinan lidi dipengaruhi biaya investasi. Penelitian ini juga menunjukkan bahwa peluang pekebun memilih teknologi jamur tandan kosong dipengaruhi oleh usia dan biaya investasi, sedangkan tingkat pengetahuan teknologi adalah faktor utama yang mempengaruhi peluang pekebun untuk memilih teknologi gula merah sawit.

**Kata kunci:** teknologi tepat guna, pekebun rakyat, biomassa, kelapa sawit, proses analisis hierarki

## ABSTRACT

In common, oil palm business managed by smallholders only focus on selling fresh fruit bunches (FFB). It may cause a big risk to the performance of the farm business due to fluctuation of FFB prices. Utilization of oil palm biomass could become a promising business for oil palm smallholders, as well as a pillar for food and energy resilience in rural communities. This study aims to determine the most appropriate technology for smallholders in the utilization of oil palm biomass and to know factors influencing smallholders in the selection of the technology. The study was conducted in 4 (four) districts in North Sumatra, namely: Langkat, Labuhanbatu, Batubara, and Serdang Bedagai. A hierarchical analysis process (AHP) was used to determine the most appropriate biomass utilization technology for smallholders. The criteria used are benefits, opportunities, risks, and costs, with sub-criteria including income, employment, ease of operation, potential of raw materials, market potential, investment costs, operational and maintenance costs, operational failure risks, market risks, and environmental risks. The study used a survey approach, interviews, and focus group discussions (FGD) in obtaining primary data supplemented by questionnaires. The alternative technologies were palm empty fruit bunch charcoal briquettes, palm fronds pellets, oil palm-leaf handicrafts, empty fruit bunches mushroom, palm sugar, palm-based animal feed, palm boards, and palm empty fruit bunch compost. Multinomial logistic regression analysis was used to determine factors influencing smallholders in choosing a technology for utilizing oil palm biomass. AHP analysis was performed using Expert Choice program, while multinomial logistic regression analysis was carried out using STATA program. The results showed that compared to the other technologies, technology of oil palm-leaf handicraft at small-medium enterprises (SME's) scale was in the top list for the most appropriate technology for smallholders in North Sumatra. Oil palm-leaf handicraft at SME's scale was considered as a potential alternative source of income for smallholders besides an income from selling FFB. The multinomial logistic regression analysis showed that investment cost was the most important factor influencing smallholders to choose oil palm-leaf handicraft technology. This study also showed that probability for smallholders to choose technology of empty fruit bunch mushrooms was influenced by age and investment costs, while the level of technical knowledge was the main factor influencing probability of smallholders to choose palm sugar technology.

**Keywords:** *appropriate technology, smallholders, biomass, oil palm, analytic hierarchy process*

## PENDAHULUAN

Perkebunan kelapa sawit memiliki peran strategis bagi perekonomian Sumatera Utara. Ekspor minyak sawit (CPO) menjadi penyumbang terbesar dalam ekspor non migas Sumatera Utara dengan nilai ekspor rata-rata US\$ 4 milyar per tahun dalam kurun waktu 5 tahun terakhir. Selain itu, pembangunan industri perkebunan kelapa sawit di Sumatera Utara telah mendorong pengembangan infrastruktur pedesaan, menumbuhkan pusat pertumbuhan ekonomi baru di pedesaan, menyediakan lapangan pekerjaan dan mengurangi kemiskinan di pedesaan. Sumatera Utara memiliki rekam jejak sejarah sebagai pionir dalam pengembangan industri kelapa sawit di Indonesia. Pembangunan perkebunan komersial pertama dimulai di Sumatera Utara, tepatnya di Pulu Raja dan Tanah Itam Ulu pada 1911 dan pengembangan industri hilir pertama (pabrik minyak goreng) di Adolina-Perbaungan dan Belawan pada 1976 yang membuka pintu gerbang pengembangan industri kelapa sawit ke hampir seluruh nusantara. Selain itu, keberhasilan pengembangan model perkebunan inti-plasma (PIR) pada 1978 di Sumatera Utara menjadi cikal bakal pengembangan perkebunan rakyat di Indonesia (Tarigan dan Sipayung, 2011).

Luas areal perkebunan kelapa sawit Sumatera Utara diperkirakan mencapai 1,4 juta

ha dengan produksi minyak sawit sebesar 5,7 juta ton pada 2019. Luasan areal tersebut menempatkan Sumatera Utara sebagai provinsi dengan areal terluas kedua setelah Riau (Ditjenbun, 2019). Sayangnya, pesatnya perkembangan areal perkebunan rakyat khususnya di Sumatera Utara belum diikuti dengan dasar kelembagaan pekebun yang kuat, sehingga posisi tawar mereka dalam tata niaga TBS tergolong lemah. Keberadaan usaha kebun kelapa sawit yang dikelola pekebun baik individu maupun berkelompok pada umumnya masih terbatas pada usaha penjualan tandan buah segar (TBS). Ketergantungan pada penjualan TBS tersebut memiliki risiko yang besar terhadap fluktuasi harga TBS yang pada akhirnya berpengaruh terhadap kinerja usaha kebun.

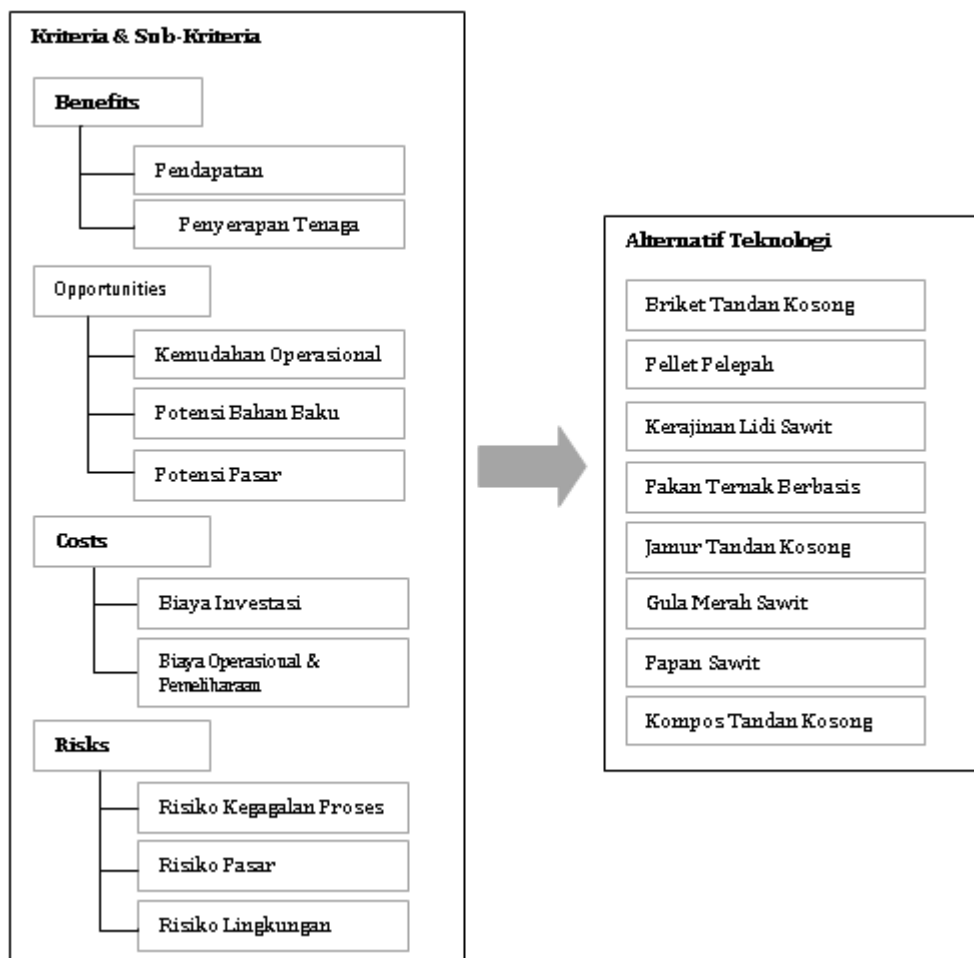
Pemanfaatan biomasa kelapa sawit dapat menjadi salah satu peluang menjanjikan bagi pekebun sawit sekaligus mendukung ketahanan pangan dan energi masyarakat pekebun di pedesaan. Perkebunan kelapa sawit menghasilkan biomasa selama kegiatan panen, peremajaan, dan proses pengolahan di pabrik kelapa sawit (PKS). Biomasa yang berasal dari proses pengolahan adalah serat buah, cangkang dan tandan kosong (TKS). Biomasa lainnya termasuk batang dan pelepah daun tersedia di sekitar perkebunan. Umumnya, pelepah hasil penunasan dan panen TBS digunakan sebagai

mulsa di sekitar perkebunan, meski terdapat beberapa perusahaan yang memanfaatkannya untuk pengganti hijauan ternak. Pada saat meremajakan kebun, batang sawit umumnya dicacah dan digunakan sebagai mulsa di lahan. Sementara cangkang dan serat yang dihasilkan dari proses pengolahan CPO dapat digunakan kembali sebagai bahan bakar boiler untuk kegiatan pengolahan di PKS. TKS umumnya dikembalikan ke kebun sebagai mulsa, meskipun hanya dipraktekkan di perkebunan besar (Sung, 2016; Hambali dan Rivai, 2017). Sayangnya, potensi biomassa tersebut belum tergal maksimal karena berbagai kendala penerapannya, seperti biaya investasi yang tinggi, efisiensi teknologi yang relatif rendah, letak geografis, dan faktor sosial masyarakat (BPPT, 2018). Penelitian ini bertujuan untuk menentukan teknologi pemanfaatan biomassa paling tepat skala UMKM pekebun kelapa sawit di Sumatera Utara. Hasil penelitian diharapkan dapat bermanfaat dalam penguatan UMKM pekebun baik kelompok tani/koperasi yang ingin menerapkan usaha pemanfaatan biomassa kelapa sawit sebagai alternatif sumber pendapatan

selain penjualan hasil TBS. Bagi pemerintah daerah yang berada di sentra perkebunan kelapa sawit, hasil penelitian ini diharapkan dapat mendukung pemerintah selaku pengambil kebijakan dalam upaya peningkatan kesejahteraan pekebun sawit melalui program pengembangan UMKM berbasis biomassa kelapa sawit yang potensi bahan bakunya berlimpah di Indonesia.

**METODE**

Penelitian dilaksanakan selama bulan Juli-September 2019 di 4 kabupaten di Sumatera Utara, yaitu Kabupaten Langkat, Kabupaten Serdang Bedagai, Kabupaten Batubara dan Kabupaten Labuhanbatu. Lokasi penelitian ditentukan secara *purposive* dengan pertimbangan adanya lembaga pekebun semisal koperasi atau asosiasi pekebun. Dalam penelitian ini, analisis proses hierarki atau *analytic hierarchy process* (AHP) digunakan untuk menentukan teknologi pemanfaatan biomassa kelapa sawit paling tepat skala UMKM pekebun sawit.



**Gambar 1.** Model AHP untuk Menentukan Teknologi Pemanfaatan Biomassa Kelapa Sawit Terbaik Skala UMKM Pekebun Kelapa Sawit

Langkah-langkah AHP dalam penelitian ini mengadopsi pendekatan dalam beberapa penelitian terdahulu (Khawkomol *et al.*, 2013, Nouri *et al.*, 2016; dan Nasution *et al.*, 2017). Langkah pertama adalah penentuan model AHP yang dikembangkan berdasarkan *focus group discussion* (FGD) (Gambar 1). Langkah kedua adalah pembentukan alternatif-alternatif teknologi untuk pemodelan AHP (Tabel 1). Tabel ini dirangkum menurut hasil FGD berdasarkan kriteria dan sub-kriteria. Tabel 1 dapat memberikan pertimbangan keputusan responden dalam menentukan preferensi alternatif teknologi pemanfaatan biomasa paling tepat skala UMKM pekebun sawit. Isian kuesioner kemudian dikuantifikasi dengan mengadopsi matriks perbandingan berpasangan menggunakan 9 skala penilaian Saaty (Tabel 2) (Saaty, 1980).

Untuk mengetahui faktor-faktor yang mempengaruhi keputusan pekebun dalam memilih teknologi pemanfaatan biomasa kelapa sawit, digunakan pendekatan regresi

multinomial logistik. Pendekatan ini merupakan regresi logit yang digunakan saat variabel dependen mempunyai skala multinomial dengan variabel respon berskala nominal (Hosmer jr *et al.*, 2013, Gonzales and Serna, 2013). Tujuan dari model ini adalah menentukan peluang atau probabilitas individu dengan karakteristik tertentu dalam memilih suatu pilihan dari berbagai alternatif yang telah disediakan. Regresi multinomial logit mengabaikan uji fit model normalitas, linearitas, dan homoskedesitas (Starkweather dan Moske, 2011). Data primer diperoleh melalui wawancara mendalam yang dilengkapi dengan kuisisioner. Sampel pekebun ditentukan secara sengaja (*purposive*). Data pekebun kemudian dikelompokkan berdasarkan luas kepemilikan lahan kebun kelapa sawit menjadi (1) lahan sempit (*small holdings*), (2) lahan sedang/menengah (*medium holdings*), dan lahan luas (*large holdings*) (Adnyana dan Suhaeti, 2003). Program statistik yang digunakan dalam pengolahan data pada analisis ini adalah program STATA.

**Tabel 1.** Alternatif teknologi pemanfaatan biomasa kelapa sawit dalam model AHP

Kriteria	Sub-Kriteria	Briket tandan kosong	Pelet pelepah sawit	Kerajinan lidi sawit
B	$B_{revenue}$	Pendapatan diperoleh dari penjualan produk briket dengan harga jual Rp 6.000/Kg. Dengan kapasitas produksi 1,5 ton/hari, diperoleh keuntungan Rp. 18.000.000/bulan	Pendapatan diperoleh dari penjualan produk pelet dengan harga jual Rp 4.000/Kg. Dengan kapasitas produksi 1 ton/hari diperoleh keuntungan Rp25.000.000/bulan	Pendapatan diperoleh dari penjualan produk kerajinan piring lidi dengan harga jual Rp8.000/pcs. Dengan kapasitas produksi 50 pcs/hari diperoleh keuntungan Rp5.000.000/bulan
	$B_{employment}$	3 orang	3 orang	10 orang
	$B_{operational}$	mudah	mudah	sulit
O	$O_{rawmaterial}$	5 ton/ha/thn	10-16 ton/ha/thn	350 kg/ha/thn
	$O_{market}$	alternatif bahan bakar rumah tangga dan ekspor	alternatif bahan bakar rumah tangga dan ekspor	Produk kreatif rumah tangga
C	$C_{investment}$	Rp70.000.000,-	> Rp200.000.000,-	Rp5.000.000,-
	$C_{operational \& \text{maintanance}}$	Rp15.000.000	Rp15.000.000/bulan	Rp7.000.000/bulan
R	$R_{operational \text{ failure}}$	rendah	rendah	rendah
	$R_{market}$	tinggi	tinggi	tinggi
	$R_{environment}$	rendah	rendah	rendah
B	$B_{revenue}$	Pendapatan diperoleh dari penjualan produk pakan dengan harga jual Rp6.500/Kg. Dengan kapasitas produksi 500kg/hari diperoleh pendapatan Rp30.000.000/bulan	Pendapatan diperoleh dari penjualan produk jamur tiram dengan harga jual Rp18.000/kg. Dengan kapasitas produksi 50Kg/hari diperoleh pendapatan Rp9.000.000/bulan	Pendapatan diperoleh dari penjualan gula merah dengan harga jual 13.000/Kg. Dengan kapasitas produksi 4 ton gula merah/35 hari/ha diperoleh

Kriteria	Sub-Kriteria	Briket tandan kosong	Pelet pelepah sawit	Kerajinan lidi sawit
				pendapatan Rp 23.500.000
	<i>B<sub>employment</sub></i>	4 orang	2 orang	6 orang
	<i>O<sub>operational</sub></i>	mudah	mudah	sulit
O	<i>O<sub>rawmaterial</sub></i>	10-16 ton/ha/tahun	5 ton/ha/tahun	7-9 liter nira per pohon
	<i>O<sub>market</sub></i>	Alternatif pakan ternak	jamur tiram	gula merah sawit
	<i>C<sub>investment</sub></i>	Rp150.000.000	Rp30.000.000	Rp7.500.000
C	<i>C<sub>operational &amp; maintenance</sub></i>	Rp10.000.000/bulan	Rp4.500.000/bulan	Rp4.500.000/35 hari
	<i>R<sub>operational failure</sub></i>	rendah	menengah	rendah
R	<i>R<sub>market</sub></i>	tinggi	rendah	rendah
	<i>R<sub>environment</sub></i>	rendah	rendah	rendah
	<i>B<sub>revenue</sub></i>	Pendapatan diperoleh dari penjualan papan sawit dengan harga jual 8 juta/m <sup>2</sup> . Dengan kapasitas produksi 220 m <sup>2</sup> /batch diperoleh pendapatan Rp850.000.000/ha	Pendapatan diperoleh dari penjualan pupuk kompos dengan harga jual 4.000/kg. Dengan kapasitas produksi 10 ton/hari diperoleh pendapatan Rp800.000.000/bulan	
	<i>B<sub>employment</sub></i>	> 10 orang	> 10 orang	
	<i>O<sub>operational</sub></i>	sulit	sulit	
O	<i>O<sub>rawmaterial</sub></i>	220 m <sup>2</sup> /ha	5 ton/ha/thn	
	<i>O<sub>market</sub></i>	papan sawit bahan laminasi	alternatif pupuk organik	
	<i>C<sub>investment</sub></i>	> 10 Milyar	Rp 10 Milyar	
C	<i>C<sub>operational &amp; maintenance</sub></i>	Rp100.000.000/bulan	Rp80.000.000/bulan	
	<i>R<sub>operational failure</sub></i>	tinggi	rendah	
R	<i>R<sub>market</sub></i>	rendah	rendah	
	<i>R<sub>environment</sub></i>	rendah	rendah	

**Tabel 2.** Defenisi Skala Perbandingan Berpasangan

Skala	Definisi
1	Kedua kriteria sama penting
2	Sama hingga sedikit lebih penting
3	Sedikit lebih penting
4	Sedikit lebih hingga jelas lebih penting
5	Lebih jelas penting
6	Jelas hingga sangat jelas lebih penting
7	Sangat jelas lebih penting
8	Sangat jelas hingga mutlak lebih penting
9	Mutlak lebih penting

Sumber: Saaty, 1980

Model multinomial logit yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

$$Y = \text{Ln} \left( \frac{\pi_1(x)}{\pi_j(x)} \right) = \beta \text{RELAD} + \beta \text{COMPA} + \beta \text{COMPL} + \beta \text{TRIAL} + \beta \text{OBSERV} + \beta \text{AGE} + \beta \text{AREA} + \beta \text{EXPE} + \beta \text{OPINC} + \beta \text{NOPINC} + \beta \text{OFFINC} + \beta \text{COOP} + \beta \text{KNOW} + \beta \text{COST}$$

Keterangan:

- Y* = berminat menggunakan teknologi = 1, tidak berminat menggunakan teknologi = 0
- Relad* = keuntungan relatif (alternatif teknologi menguntungkan = 1, tidak menguntungkan = 0)
- Compa* = kesesuaian (teknologi dipandang sesuai kebutuhan = 1, tidak sesuai = 0)
- Compl* = kerumitan (alternatif teknologi dipandang tidak rumit = 1, rumit = 0)
- Trial* = kemungkinan dicoba (alternatif teknologi dinilai mungkin dicoba secara teknis, akan dicoba = 1, tidak akan dicoba = 0)
- Observ* = kemungkinan diamati (hasil dari alternatif teknologi dapat dilihat/dirasakan, dapat dirasakan = 1, tidak dapat dirasakan = 0)
- Age* = umur pekebun (tahun)
- Area* = luas lahan sawit (ha)
- Expe* = pengalaman berkebun sawit (tahun)
- Opinc* = pendapatan usahatani sawit (Rp/bulan)
- Nopinc* = pendapatan usahatani non-sawit (Rp/bulan)
- Offinc* = pendapatan non usahatani (Rp/bulan)
- Coop* = keanggotaan dalam koperasi/keompok tani (1 = aktif/bergabung dalam koperasi/keompok tani, 0 = tidak aktif/tidak bergabung dalam koperasi/keompok tani)
- Cost* = biaya investasi masing-masing alternatif teknologi

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Penentuan teknologi pemanfaatan biomasa kelapa sawit terbaik skala UMKM.** Kegiatan FGD di Sumatera Utara telah dilakukan pada 1 Juli 2019 di Kantor Pusat Penelitian Kelapa Sawit Medan. Kegiatan FGD dilakukan dengan mengundang responden para *expert*/ahli yang memiliki latar belakang sebagai peneliti, akademisi/dosen dan praktisi usaha terkait pemanfaatan biomasa sawit (Tabel 3).

Bobot yang mengukur kepentingan relatif pada setiap kriteria (sebagaimana dihitung menggunakan *Expert Choice* untuk semua perbandingan berpasangan) ditunjukkan Tabel

4. Tabel ini menunjukkan bobot kriteria untuk setiap level dan bobot keseluruhan pemodelan AHP. Hasil analisis AHP menunjukkan bahwa di Sumatera Utara, kriteria yang paling penting menurut pendapat ahli adalah peluang (0,316), diikuti oleh risiko (0,251), kemudian manfaat (0,219), dan terakhir adalah biaya (0,214). Untuk sub-kriteria, pengaruh tertinggi terkait dengan penentuan teknologi pemanfaatan biomasa terbaik skala UMKM pekebun sawit di Sumatera Utara adalah potensi bahan baku (0,141), diikuti pendapatan (0,140) dan biaya investasi (0,139).

**Tabel 3.** Informasi Umum Responden *Expert*/Ahli pada FGD di Sumatera Utara

No. <i>Expert</i> /Ahli	Tingkat Pendidikan	Pekerjaan	Instansi
Expert 1	Doktoral	Peneliti	Pusat Penelitian Kelapa Sawit
Expert 2	Doktoral	Peneliti	Pusat Penelitian Kelapa Sawit
Expert 3	Doktoral	Peneliti	Pusat Penelitian Kelapa Sawit
Expert 4	Doktoral	Peneliti	Pusat Penelitian Kelapa Sawit
Expert 5	Doktoral	Peneliti	Pusat Penelitian Kelapa Sawit
Expert 6	Master	Peneliti	Pusat Penelitian Kelapa Sawit
Expert 7	Master	Peneliti	Pusat Penelitian Kelapa Sawit
Expert 8	Master	Peneliti	Pusat Penelitian Kelapa Sawit
Expert 9	Master	PNS	Disbun Prov. Sumatera Utara
Expert 10	Master	Akademisi	Univ. Muhammadiyah Sumatera Utara
Expert 11	Sarjana	Pelaku Usaha	<i>Black Brothers</i> Jamur Tiram

No. Expert/Ahli	Tingkat Pendidikan	Pekerjaan	Instansi
Expert 12	Diploma	Pekebun	APKASINDO Sumatera Utara
Expert 13	Sarjana	Pekebun	APKASINDO Serdang Bedagai
Expert 14	Sarjana	Pekebun	SAMADE Sumatera Utara

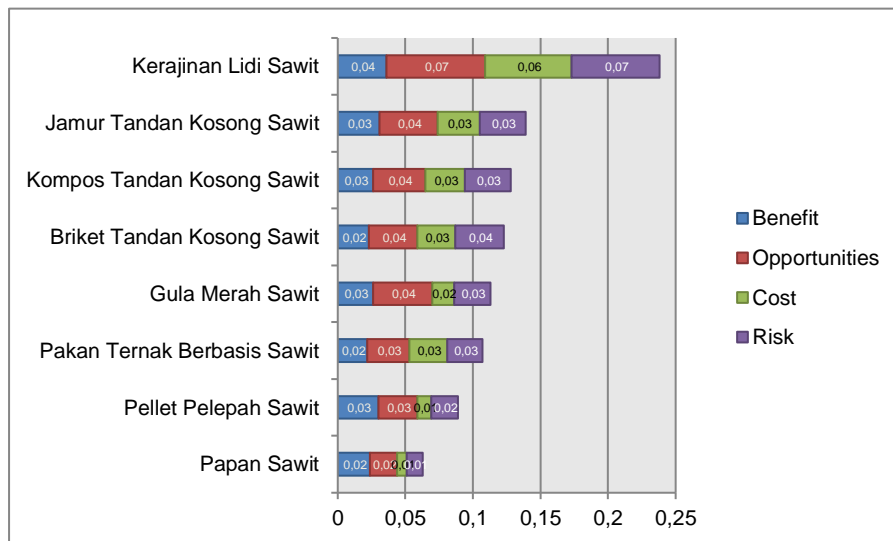
**Tabel 4.** Bobot kriteria dan sub-kriteria dalam penentuan teknologi pemanfaatan biomassa tepatguna skala UMKM di Sumatera Utara

Kriteria	Bobot <sup>(1)</sup>	Subkriteria	Bobot <sup>(2)</sup>	Bobot Total <sup>(1x2)</sup>
Manfaat ( <i>Benefits</i> )	0,219	Pendapatan	0,639	<b>0,140</b>
		Penyerapan tenaga kerja	0,361	0,079
Peluang ( <i>Opportunities</i> )	<b>0,316</b>	Kemudahan operasional	0,237	0,075
		Potensi bahan baku	0,445	<b>0,141</b>
		Potensi pasar	0,318	0,100
Biaya ( <i>Cost</i> )	0,214	Biaya investasi	0,649	<b>0,139</b>
		Biaya operasional dan pemeliharaan	0,351	0,075
Risiko ( <i>Risks</i> )	<b>0,251</b>	Risiko kegagalan operasi	0,355	0,089
		Risiko pasar	0,276	0,069
		Risiko lingkungan	0,369	<b>0,093</b>

Sumber: Data Primer diolah (2020)

Hasil pembobotan dalam penentuan alternatif teknologi pemanfaatan biomassa sawit tepat guna skala UMKM pekebun kelapa sawit di Sumatera Utara menunjukkan bahwa kerajinan lidi sawit menjadi prioritas utama dengan bobot terbesar (0,228) dibandingkan teknologi lainnya. Sementara pelet pelepah sawit (0,095) dan

papan sawit (0,067) menjadi prioritas terakhir untuk pemanfaatan biomassa sawit skala UMKM pekebun kelapa sawit menurut penilaian ahli (Gambar 2). Hasil sintesa bobot alternatif teknologi terbaik untuk pemanfaatan biomassa skala UMKM sehubungan dengan kriteria tunggal seperti pada Gambar 2.



**Gambar 2.** Sintesa bobot alternatif teknologi pemanfaatan biomassa kelapa sawit di Sumatera Utara

Kerajinan lidi sawit memiliki preferensi terbesar dalam hal manfaat (0,036), peluang

(0,073), biaya (0,064) dan resiko (0,065). Namun, kerajinan lidi sawit memiliki preferensi

tertinggi dalam hal peluang (0,073) (Tabel 5). Menurut data ini, para ahli berpendapat bahwa pengembangan usaha kerajinan lidi sawit memiliki peluang yang tinggi di Sumatera Utara mengingat besarnya potensi ketersediaan bahan baku di wilayah Sumatera Utara, kemudahan operasional dan potensi pasar yang masih terbuka lebar.

Sejauh ini, pengembangan usaha kerajinan lidi sawit terbukti mampu memberikan manfaat sosial ekonomi bagi masyarakat di pedesaan. Pemanfaatan lidi sawit sebagai produk kerajinan telah dilakukan di beberapa wilayah seperti di Kampung Paya Bedi, Kabupaten Aceh Tamiang pada 2017. Sebanyak 27 orang warga khususnya para ibu-ibu rumah tangga dan remaja putri putus sekolah telah mengikuti pelatihan pemanfaatan lidi sawit selama 3 (tiga) bulan. Hasil yang diperoleh adalah peserta pelatihan sudah bisa menganyam lidi kelapa sawit untuk dipasarkan oleh mitra pemasaran diantaranya produk kerajinan mangkuk kecil dan besar,

keranjang buah dan sapu lidi hias (Suwardi dan Saumi, 2018).

Kegiatan pelatihan kewirausahaan serupa juga telah dilakukan di Desa Sepahat, Kabupaten Bengkalis pada 2018. Kegiatan ini dilakukan oleh LPPM Universitas Riau Melalui Program pengabdian kepada Masyarakat. Hasil kegiatan pelatihan menunjukkan masyarakat Desa Sepahat mampu membuat anyaman lidi sawit dengan berbagai macam bentuk seperti piring, mangkok, tempat buah, dan lain sebagainya. Telah terbentuk satu kelompok pengrajin anyaman lidi sawit yang akan berfungsi sebagai wadah pengembangan produksi dan pemasaran anyaman lidi sawit di Desa Sepahat. Pemasaran hasil kerajinan anyaman lidi kelapa sawit dilakukan melalui kios PKK Desa Sepahat. Dampak dari pelatihan tersebut telah memberikan kontribusi pendapatan kelompok ibu PKK sekitar Rp1.000.000-Rp1.500.000 per bulan (Irianti *et al.*, 2018).

**Tabel 5.** Sintesa bobot sub-kriteria menurut alternatif dalam penentuan teknologi pemanfaatan biomassa tepat guna skala UMKM di Sumatera Utara

Alternatif	Kriteria	Sub-Kriteria	Prioritas
Kerajinan Lidi Sawit	Benefit	Persen Kerajinan Lidi Sawit	23.8%
		Total Sub-Kriteria Benefit	3.6%
		Pendapatan	0.027
		Penyerapan Tenaga Kerja	0.009
	Opportunities	Total Sub-Kriteria Opportunities	7.3%
		Kemudahan Operasional	0.023
		Potensi Bahan Baku	0.028
		Potensi Pasar	0.022
	Cost	Total Sub-Kriteria Cost	6.4%
		Biaya Investasi	0.041
		Biaya Operasional	0.023
	Risk	Total Sub-Kriteria Risk	6.5%
		Resiko Kegagalan Operasi	0.022
		Resiko Potensi Bahan Baku	0.018
		Resiko Lingkungan	0.025
	Jamur Tandan Kosong Sawit	Benefit	Persen Jamur Tandan Kosong Sawit
Total Sub-Kriteria Benefit			3.1%
Pendapatan			0.018
Penyerapan Tenaga Kerja			0.013
Opportunities		Total Sub-Kriteria Opportunities	4.3%
		Kemudahan Operasional	0.011
		Potensi Bahan Baku	0.013
		Potensi Pasar	0.019
Cost		Total Sub-Kriteria Cost	3.1%
		Biaya Investasi	0.021
		Biaya Operasional	0.010
Risk		Total Sub-Kriteria Risk	3.4%
		Resiko Kegagalan Operasi	0.012
		Resiko Potensi Bahan Baku	0.010
		Resiko Lingkungan	0.012



Alternatif	Kriteria	Sub-Kriteria	Prioritas
Kompos Tandan Kosong Sawit	<i>Benefit</i>	Persen Kompos Tandan Kosong Sawit	<b>12.8%</b>
		Total Sub-Kriteria Benefit	<b>2.6%</b>
		Pendapatan	0.017
		Penyerapan Tenaga Kerja	0.009
	<i>Opportunities</i>	Total Sub-Kriteria Opportunities	<b>3.9%</b>
		Kemudahan Operasional	0.009
		Potensi Bahan Baku	0.021
		Potensi Pasar	0.009
	<i>Cost</i>	Total Sub-Kriteria Cost	<b>2.9%</b>
		Biaya Investasi	0.019
		Biaya Operasional	0.010
	<i>Risk</i>	Total Sub-Kriteria Risk	<b>3.4%</b>
		Resiko Kegagalan Operasi	0.011
Resiko Potensi Bahan Baku		0.009	
Resiko Lingkungan		0.014	
Briket Tandan Kosong Sawit	<i>Benefit</i>	Persen Briket Tandan Kosong Sawit	<b>12.3%</b>
		Total Sub-Kriteria Benefit	<b>2.3%</b>
		Pendapatan	0.012
		Penyerapan Tenaga Kerja	0.011
	<i>Opportunities</i>	Total Sub-Kriteria Opportunities	<b>3.6%</b>
		Kemudahan Operasional	0.007
		Potensi Bahan Baku	0.016
		Potensi Pasar	0.013
	<i>Cost</i>	Total Sub-Kriteria Cost	<b>2.8%</b>
		Biaya Investasi	0.018
		Biaya Operasional	0.010
	<i>Risk</i>	Total Sub-Kriteria Risk	<b>3.6%</b>
		Resiko Kegagalan Operasi	0.012
Resiko Potensi Bahan Baku		0.011	
Resiko Lingkungan		0.013	
Gula Merah Sawit	<i>Benefit</i>	Persen Gula Merah Sawit	<b>11.3%</b>
		Total Sub-Kriteria Benefit	<b>2.6%</b>
		Pendapatan	0.017
		Penyerapan Tenaga Kerja	0.009
	<i>Opportunities</i>	Total Sub-Kriteria Opportunities	<b>4.4%</b>
		Kemudahan Operasional	0.007
		Potensi Bahan Baku	0.028
		Potensi Pasar	0.009
	<i>Cost</i>	Total Sub-Kriteria Cost	<b>1.6%</b>
		Biaya Investasi	0.010
		Biaya Operasional	0.006
	<i>Risk</i>	Total Sub-Kriteria Risk	<b>2.7%</b>
		Resiko Kegagalan Operasi	0.010
Resiko Potensi Bahan Baku		0.006	
Resiko Lingkungan		0.011	
Pakan Ternak Berbasis Sawit	<i>Benefit</i>	Persen Pakan Ternak Berbasis Sawit	<b>10.7%</b>
		Total Sub-Kriteria Benefit	<b>2.2%</b>
		Pendapatan	0.013
		Penyerapan Tenaga Kerja	0.009
	<i>Opportunities</i>	Total Sub-Kriteria Opportunities	<b>3.1%</b>
		Kemudahan Operasional	0.009
		Potensi Bahan Baku	0.012
		Potensi Pasar	0.010
<i>Cost</i>	Total Sub-Kriteria Cost	<b>2.8%</b>	

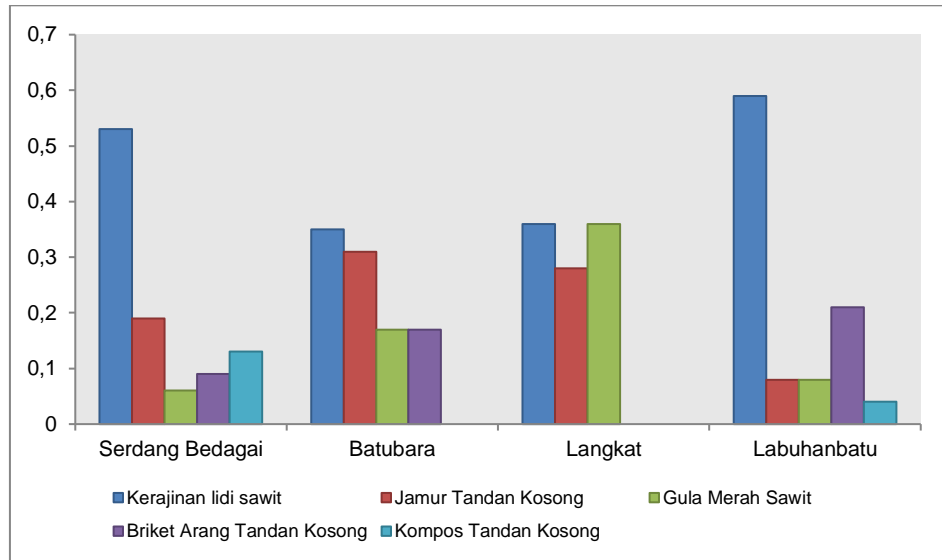
Alternatif	Kriteria	Sub-Kriteria	Prioritas
Pellet Pelepah Sawit	Risk	Biaya Investasi	0.019
		Biaya Operasional	0.009
		Total Sub-Kriteria Risk	<b>2.6%</b>
		Resiko Kegagalan Operasi	0.011
		Resiko Potensi Bahan Baku	0.007
		Resiko Lingkungan	0.008
	Benefit	Persen Pellet Pelepah Sawit	<b>8.9%</b>
		Total Sub-Kriteria Benefit	<b>3.0%</b>
		Pendapatan	0.016
	Opportunities	Penyerapan Tenaga Kerja	0.014
		Total Sub-Kriteria Opportunities	<b>2.9%</b>
		Kemudahan Operasional	0.005
		Potensi Bahan Baku	0.014
	Cost	Potensi Pasar	0.010
		Total Sub-Kriteria Cost	<b>1.0%</b>
	Risk	Biaya Investasi	0.006
		Biaya Operasional	0.004
		Total Sub-Kriteria Risk	<b>2.0%</b>
		Resiko Kegagalan Operasi	0.008
		Resiko Potensi Bahan Baku	0.006
Resiko Lingkungan		0.006	
Papan Sawit	Benefit	Persen Papan Sawit	<b>6.3%</b>
		Total Sub-Kriteria Benefit	<b>2.4%</b>
		Pendapatan	0.019
	Opportunities	Penyerapan Tenaga Kerja	0.005
		Total Sub-Kriteria Opportunities	<b>2.0%</b>
		Kemudahan Operasional	0.003
		Potensi Bahan Baku	0.009
	Cost	Potensi Pasar	0.008
		Total Sub-Kriteria Cost	<b>0.7%</b>
	Risk	Biaya Investasi	0.004
Biaya Operasional		0.003	
Total Sub-Kriteria Risk		<b>1.2%</b>	
Resiko Kegagalan Operasi		0.004	
Resiko Potensi Bahan Baku		0.004	
Resiko Lingkungan		0.004	

Sumber: Data Primer diolah (2020)

**Faktor-faktor yang mempengaruhi pekebun dalam memilih teknologi pemanfaatan biomasa kelapa sawit.** Pekebun responden dalam penelitian ini dikelompokkan menurut kepemilikan lahan kebun kelapa sawit yaitu lahan sempit, sedang dan luas. Umumnya pekebun responden memiliki sumber pendapatan sawit dan non sawit (berdagang, ternak, pertanian non sawit). Sementara ditinjau dari sisi pengeluaran rumah tangga, para pekebun memiliki dua tujuan pengeluaran yaitu pengeluaran pangan dan non pangan (Tabel 6).

Ditinjau secara deskriptif, teknologi pemanfaatan biomassa kelapa sawit yang paling diminati pekebun sawit di Labuhanbatu adalah kerajinan lidi sebanyak 14 orang pekebun atau 59 persen, diikuti oleh briket tandan kosong (21

persen), jamur tandan kosong (8 persen), gula merah sawit (8 persen), dan kompos tandan kosong (4 persen). Sementara di Kabupaten Batubara menunjukkan bahwa sebanyak 10 pekebun (35 persen) memilih kerajinan lidi sawit, diikuti oleh jamur tandan kosong (31 persen), gula merah sawit (17 persen), dan briket tandan kosong (17 persen). Sementara di Langkat, sebanyak 5 orang pekebun (36 persen) memilih lidi sawit, 4 orang (29 persen) jamur tandan kosong sawit, dan 6 orang (36 persen) gula merah sawit. Adapun di Serdang Bedagai, 17 orang pekebun (53 persen) memilih lidi sawit, 6 orang (19 persen) jamur tandan kosong, 2 orang (6 persen) gula merah sawit, 4 orang (13 persen) kompos tandan kosong, dan 3 orang (9 persen) briket tandan kosong (Gambar 3).



**Gambar 3.** Preferensi Pekebun dalam memilih teknologi pemanfaatan biomassa kelapa sawit di Sumatera Utara

**Tabel 6.** Gambaran umum pekebun kelapa sawit responden

Kategori	Luas lahan (ha)			Pendapatan (000 Rp/bln)		Total	Pengeluaran (000 Rp/bln)		Total
	range	rerata	%	Sawit	Non Sawit		Pangan	Non Pangan	
<b>Kabupaten Labuhanbatu</b>									
Lahan sempit	< 2	1,61	31	2,553	928	3,482	1,778	1,378	3,157
Lahan sedang	3 - 4	3,40	23	3,200	2,000	5,200	2,040	1,300	3,340
Lahan luas	> 4	6,66	46	3,700	-	3,700	900	1,000	1,900
<b>Kabupaten Batubara</b>									
Lahan sempit	< 2	1,00	28	1,249	1,754	3,003	1,561	1,611	3,173
Lahan sedang	2,5 - 4	4,00	24	2,284	2,474	4,758	1,360	550	1,910
Lahan luas	> 6	12,00	48	10,466	18,283	28,750	2,166	9,333	11,500
<b>Kabupaten Langkat</b>									
Lahan sempit	< 2	1,40	16	640	590	1,230	820	1,050	1,870
Lahan sedang	2,9 - 4	3,49	24	1,275	916	2,191	933	1,150	2,083
Lahan luas	> 5	18,00	61	14,733	-	14,733	2,000	6,333	8,333
<b>Kabupaten Serdang Bedagai</b>									
Lahan sempit	< 2	1,59	25	1,176	1,603	2,780	1,381	1,472	2,854
Lahan sedang	2,5 - 3	2,75	20	2,928	2,016	4,944	1,391	1,520	2,911
Lahan luas	> 8	9,40	56	7,530	1,740	9,270	1,760	3,480	5,240

Analisis regresi logistik multinomial digunakan untuk mengetahui faktor-faktor yang mempengaruhi keputusan pekebun dalam pemilihan teknologi pemanfaatan biomassa sawit, serta menentukan probabilitas individu pekebun dalam menerapkan teknologi yang dipilih. Variabel dependen ditentukan berdasarkan

teknologi mana yang banyak dipilih responden berdasarkan hasil analisis deskriptif yaitu kerajinan lidi sawit ( $Y_1$ ), jamur tandan kosong sawit ( $Y_2$ ), gula merah sawit ( $Y_3$ ), dan briket tandan kosong sawit ( $Y_4$ ). Model ini menggunakan *base category* untuk memudahkan persamaan matematis dalam interpretasi hasil

estimasi. *Base category* merupakan kategori yang dianggap tetap dan dijadikan pembanding dengan kategori yang lain (Probokawuryan, 2015). Pemilihan *base category* didasarkan pada frekuensi terbanyak seperti yang sudah dijelaskan sebelumnya, kategori dengan responden terbanyak adalah kerajinan lidi sawit. Uji parsial untuk masing-masing variabel independen dilakukan dengan melihat nilai probabilitas dari masing-masing variabel

tersebut. Hasil estimasi pada Tabel 7 menunjukkan hanya variabel biaya investasi yang memiliki pengaruh signifikan terhadap keputusan pekebun dalam memilih teknologi kerajinan lidi pada taraf nyata 0.05. Hal ini menjelaskan bahwa murahya biaya investasi kerajinan lidi menjadi pertimbangan utama bagi pekebun dalam memilih teknologi pemanfaatan biomasa sawit.

**Tabel 7.** Hasil Regresi Logistik Multinomial Kerajinan Lidi Sawit sebagai *Base Category*

Variabel	Odds Ratio	z	p>z
Age (Usia)	0.979	-1.43	0.153
Luas Areal (Area)	1.024	0.15	0.877
Pengalaman (Experience)	1.010	0.29	0.770
Pendapatan Sawit (OP Income)	1	1.07	0.283
Pendapatan Non Sawit (Non OP Income)	0.999	-1.03	0.302
Investasi (Investment)	1	-2.69	0.007
_cons	4.542	1.82	0.069
No. of obs	73		
Pseudo R	0.1426		
Prob>x2	0.0252		
LR X2	14.43		

**Tabel 8.** Hasil Regresi Logistik Multinomial dan *Risk Relative Ratio (RRR)*

Variabel	Jamur Tandan Kosong			Gula Merah Sawit			Briket Tandan Kosong		
	Coef	p>z	RRR	Coef	p>z	RRR	Coef	p>z	RRR
Age (Usia)	0.058423	0.022*	1.060163	0.017469	0.485	1.017622	-0.0238322	0.305	0.97645
Area (Luas Areal)	0.048367	0.835	1.049556	-0.09438	0.782	0.909935	-0.3729038	0.291	0.688732
Expe (Pengalaman)	0.028261	0.572	1.028664	-0.04276	0.524	0.9581418	-0.0498784	0.405	0.951345
Opinc (Pendapatan Sawit)	-3.18E-07	0.169	0.9999997	-1.83E-07	0.633	0.9999998	-4.82E-08	0.884	1
Nopinc (Pendapatan Non Sawit)	9.17E-08	0.336	1	-1.00E-07	0.724	0.9999999	6.91E-08	0.638	1
Know (Tingkat Pengetahuan)	0.012023	0.99	1.012095	1.654913	0.093*	5.232626	0.4480503	0.619	1.565257
Invest (Investasi)	6.07E-08	0.001*	1	2.33E-08	0.241	1	1.37E-08	0.426	1
Percept (Persepsi)	0.87223	0.113	2.392239	1.227618	0.168	3.413089	0.3584189	0.358	1.431065
_cons	-9.25327	0.002	0.0000958	-7.72255	0.07	0.0004427	-1.418527	0.52	0.24207
No. of obs	73								
Pseudo R	0.2466								
Log likelihood	-64.5205								
Prob>x2	0.0122								
LR X2	42.23								

\*signifikan pada  $\alpha=5\%$

Sumber: Data Primer, diolah

Tabel 8 menunjukkan terdapat dua variabel bebas yang signifikan pada teknologi jamur tandan kosong sawit pada taraf nyata 0.05.

Variabel yang signifikan untuk keputusan individu dalam memilih teknologi jamur tandan kosong sawit pada tingkat signifikansi 5 persen

terdiri dari usia dan biaya investasi. Variabel usia memiliki *p-value* sebesar 0,022, artinya dengan batasan tingkat signifikansi sebesar 5 persen maka  $H_0$  dapat dijadikan dugaan parameter dan signifikan mempengaruhi keputusan pekebun memilih teknologi jamur tandan kosong, *ceteris paribus*. Variabel biaya investasi memiliki *p-value* sebesar 0,001 yang artinya variabel signifikan mempengaruhi keputusan pekebun memilih teknologi jamur tandan kosong, *ceteris paribus*. Hanya terdapat satu variabel bebas yang signifikan pada teknologi gula merah sawit pada taraf nyata 0,05. Variabel yang signifikan pada tingkat  $\alpha = 5$  persen yaitu pengetahuan pekebun terhadap teknologi. Variabel pengetahuan pekebun memiliki *p-value* sebesar 0,093, artinya dengan taraf signifikansi  $\alpha = 5$  persen, maka  $H_0$  dapat dijadikan dugaan parameter dan signifikan mempengaruhi keputusan memilih teknologi gula merah sawit, *ceteris paribus*. Sementara itu, tidak terdapat variabel bebas yang signifikan pada teknologi briket tandan kosong pada taraf nyata 0,05.

Nilai *Risk Relative Ratio* (RRR) menunjukkan perbandingan peluang terjadinya dari suatu kejadian. Nilai RRR yang melebihi angka 1 mengindikasikan pekebun memiliki peluang lebih besar untuk memilih teknologi jamur tandan kosong sawit dibandingkan teknologi kerajinan lidi sawit yang merupakan *base category*. Nilai RRR yang kurang dari 1 mengindikasikan bahwa individu tersebut memiliki peluang untuk memilih teknologi lidi sawit dibandingkan teknologi lainnya. Perbandingan peluang disetiap model ini menggunakan *base category* kerajinan lidi sawit. Penentuan nilai RRR hanya memperhatikan variabel-variabel yang signifikan. Nilai RRR pada penelitian ini ditampilkan pada Tabel 8. Secara umum, hasil analisis RRR pada teknologi jamur tandan kosong sawit menunjukkan hal sebagai berikut: a) Setiap usia pekebun bertambah satu tahun akan membuat pekebun memiliki peluang 1.060163 kali lebih besar untuk memilih teknologi jamur tandan kosong sawit dibandingkan dengan kerajinan lidi sawit, *ceteris paribus*; dan, b) Setiap kenaikan biaya investasi sebesar satu rupiah akan membuat pekebun memiliki peluang 1 kali atau sama besarnya untuk memilih teknologi jamur tandan kosong sawit dibandingkan dengan kerajinan lidi sawit, *ceteris paribus*.

Nilai RRR teknologi gula merah menunjukkan bahwa setiap pekebun memperoleh tambahan pengetahuan terhadap teknologi pemanfaatan biomassa sawit, maka pekebun tersebut memiliki peluang 5.23 kali lebih besar untuk memilih teknologi gula merah

sawit dibandingkan dengan teknologi lidi sawit, *ceteris paribus*.

## KESIMPULAN

Hasil analisis AHP dengan mempertimbangkan kriteria manfaat, peluang, biaya dan resiko menjelaskan bahwa kerajinan lidi sawit menjadi prioritas utama sebagai teknologi tepat guna pemanfaatan biomassa kelapa sawit bagi UMKM pekebun di Sumatera Utara. Pengembangan usaha kerajinan lidi sawit memiliki peluang yang tinggi di Sumatera Utara mengingat besarnya potensi ketersediaan bahan baku di wilayah Sumatera Utara, kemudahan operasional dan potensi pasar yang masih terbuka.

Pengembangan produk kerajinan lidi sawit dapat menjadi salah satu sumber pendapatan alternatif bagi UMKM pekebun sawit disamping penjualan hasil Tandan Buah Segar (TBS). Adapun hasil analisis regresi multinomial logistik menjelaskan bahwa keputusan pekebun memilih kerajinan lidi dipengaruhi biaya investasi. Penelitian ini juga menunjukkan bahwa peluang pekebun memilih teknologi jamur tandan kosong dipengaruhi oleh usia dan biaya investasi, sedangkan tingkat pengetahuan teknologi adalah faktor utama yang mempengaruhi peluang pekebun untuk memilih teknologi gula merah sawit.

## REKOMENDASI

Beberapa strategi yang direkomendasikan adalah sebagai berikut:

1. Pendampingan kelembagaan pekebun sawit masih sangat diperlukan terutama di lokasi-lokasi yang belum memiliki kelompok pekebun/koperasi atau di lokasi yang sudah memiliki bentuk kelembagaan namun tidak aktif.
2. Pengembangan produk berbasis biomassa kelapa sawit seperti produk kerajinan lidi sawit memiliki peluang besar dalam hal potensi bahan baku, biaya investasi rendah dengan risikonya relatif rendah. Meskipun demikian, pengembangan UMKM pekebun sawit dihadapkan pada berbagai kendala seperti pembiayaan, teknologi dan informasi, akses pemasaran, perizinan, dan manajemen. Agar pengembangan UMKM pekebun berbasis biomassa sawit dapat berjalan baik dan berkesinambungan, diperlukan kerjasama kemitraan antara berbagai pihak meliputi pemerintah daerah, pihak swasta (perusahaan perkebunan dan perbankan) dan Organisasi/Lembaga Pekebun Sawit. Kemitraan ini umumnya disebut sebagai kemitraan publik swasta (*Public-Private Partnership* – PPP).

## UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Kemenristek yang telah memfasilitasi kegiatan penelitian ini melalui pendanaan Program Insentif Riset Nasional (INSINAS) Tahun Anggaran 2019.

## DAFTAR PUSTAKA

Adnyana, M.O., dan R. N. Suhaeti. 2003. Penerapan Indeks Gini untuk Mengidentifikasi Tingkat Pemerataan Pendapatan dan Pengeluaran Rumah Tangga Pedesaan di Wilayah Jawa dan Bali. *Jurnal SOCA (Socio-Economic of Agriculture)*. 3 (2): 1-13.

BPPT, 2018. Outlook Energi Indonesia 2018: Energi Berkelanjutan untuk Transportasi Darat. Jakarta: Pusat Pengkajian Industri Proses dan Energi.

Ditjenbun. 2019. Statistik Perkebunan Kelapa Sawit Indonesia. Jakarta.

Gonzales C. and Serna N. 2013. The consumer's choice among television displays: A multinomial logit approach. *Lecturas de Economia*. 79 : 199 - 228.

Hambali, E. and Rivai, M. 2017. The potential of palm oil waste biomass in Indonesia in 2020 and 2030. In IOP Conference Series: *Earth and Environmental Science* 65(1) pp1-10.

Hosmer Jr, David W., Stanley Lemeshow, and Rodney X. Sturdivant. 2013. Applied logistic regression. John Wiley & Sons.

Irianti, Mitri., A. Syahza., B. Asmit., S. Suarman., R. M. Riadi., D. Bakce dan D. Tampubulon. 2018. Peningkatan Pendapatan Masyarakat melalui Pemanfaatan Limbah Lidi Kelapa Sawit di Desa Sepahat Kabupaten Bengkalis. dalam Seminar Nasional Hasil Pengabdian Kepada Masyarakat, vol. 1, no. 1. 2018.

Khawkomol S, R. Noguchi, T. Ahamed, T. Genkawa, and T. Takigawa. 2013. ANP modeling to select biomass energy plant in rural areas of Thailand. *Agri Inform Res* 22(2) pp.117-131

Nasution, M.A., Wibawa, D.S., Ahamed, T. and Noguchi, R., 2018. Selection of palm oil mill effluent treatment for biogas generation or compost production using an analytic hierarchy process. *Journal of Material Cycles and Waste Management* 20(2), pp.787-799.

Nouri, D., Sabour, M.R. and GhanbarzadehLak, M., 2018. Industrial solid waste management through the application of multi-criteria decision-making analysis: a case study of Shamsabad industrial complexes. *Journal of Material Cycles and Waste Management* 20(1) pp.43-58.

Probokawuryan, M. 2015. An Economic Analysis of Poverty in the Agricultural Sector : A Case Study of Indonesia [Thesis]. Manawatu: Massey University.

Saaty TL. 1980. The analytic hierarchy process: planning, priority setting, resource allocation. McGraw-Hill.

Starkweather, J. and Moske, A.K. 2011. Multinomial logistic regression. [Online] Dari:

[https://it.unt.edu/sites/default/files/mlr\\_jds\\_aug2011.pdf](https://it.unt.edu/sites/default/files/mlr_jds_aug2011.pdf) [Diakses: 13 Februari 2020].

Sung, C.T.B. 2016. Availability, use, and removal of oil palm biomass in Indonesia. Report for the International Council on Clean Transportation, University Putra, Malaysia.

Suwardi, A.B. and Saumi, F. 2018. Coconut Palm Waste Product Innovation by Using Eco-Friendly Technology. *Agrokreatif Jurnal Ilmiah Pengabdian kepada Masyarakat* 4(1) pp:22-30.

Tarigan, Balaman dan Tungkot Sipayung. 2011. Perkebunan Kelapa Sawit dalam Perekonomian dan Lingkungan hidup Sumatera Utara. GAPKSI SUMUT. IPB Press. Bogor.