



Rekomendasi implementasi keberlanjutan agroindustri serat kenaf pada jaringan rantai pasok hulu

Nunung Nurhasanah¹, Dhia Puti Andini Wibowo^{1*}, Nita Noriko², Tharra Azzahra Riyana¹, Syarif Hidayat¹, Budi Aribowo¹, Dody Haryadi³

¹Teknik Industri, Universitas Al-Azhar Indonesia, Jakarta Selatan, Indonesia

²Biologi, Universitas Al-Azhar Indonesia, Jakarta Selatan, Indonesia

³Informatika, Universitas Al-Azhar Indonesia, Jakarta Selatan, Indonesia

Article history

Diterima:

16 November 2022

Diperbaiki:

30 Januari 2023

Disetujui:

4 Februari 2023

Keyword

Cleaner production;

Green productivity

index;

Green value stream

mapping;

Kenaf fiber;

Supply chain

ABSTRACT

Environmental issues are a priority in the development of the kenaf fiber industry globally, because kenaf fiber is considered an environmentally friendly vegetable fiber when used as a raw material. This is revealed from the retting process which is the main process in processing the kenaf plant into kenaf dry fiber. The purpose of this study was to determine the green productivity index on the upstream side of the kenaf fiber agro-industry network by mapping green value stream mapping. Based on the research that has been done, it can be concluded that there are 6 alternatives to clean production, 4 of which can add value to the waste and 2 of them are routine activities of the kenaf fiber agroindustry. Then the results of the GVSM Current State mapping on energy of 12,753.6 Joules, water as much as 32,810.1l, material as much as 14,340 kg, waste as much as 14,860 kg, emissions of 1,584 kg, and biodiversity as much as 4,000 kg. After the alternative production is carried out, the results of the GVSM Future State mapping are 11,159.4 Joules of energy, 32,810.1l of water, 14,340 kg of materials, 1,584 kg of emissions, and 4,000 kg of biodiversity. There was a reduction in energy in the form of human power of 1,594.2 Joules which was replaced by the use of machines. The GPI Current State value in the kenaf fiber agroindustry is 0.000759 and the GPI Future State value obtained is 0.001234. This means that the production alternatives given affect the increase in IE value and decrease in EI value from the kenaf fiber agroindustry so that the GPI Future State value produced is getting better so that the impact on the environment in the kenaf fiber agroindustry is decreasing.



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.

* Penulis korespondensi

Email : dhiaputi@gmail.com

DOI 10.21107/agrointek.v18i2.17420

PENDAHULUAN

Perkembangan industri di Indonesia telah ditetapkan pada Rencana Induk Pembangunan Industri Nasional (RIPIN) 2015-2035. Rencana pengembangan yang dinyatakan adalah pengembangan industri hulu dan industri antara berbasis sumber daya alam menjadi prioritas utama dalam strategi yang ditetapkan untuk mencapai visi misi pembangunan industri nasional (Kementerian Perindustrian, 2015). Pengembangan yang diharapkan pada kontribusi ekspor adalah meningkatnya nilai ekspor dari 69,8% pada tahun 2020, menjadi 73,5% pada tahun 2025, hingga mencapai 78,4% pada tahun 2035. Seiring dengan peningkatan kontribusi nilai ekspor, ditargetkan adanya penurunan nilai impor dari 26,9% di tahun 2020, menjadi 23% di tahun 2025, dan terus menurun pada 20% di tahun 2035.

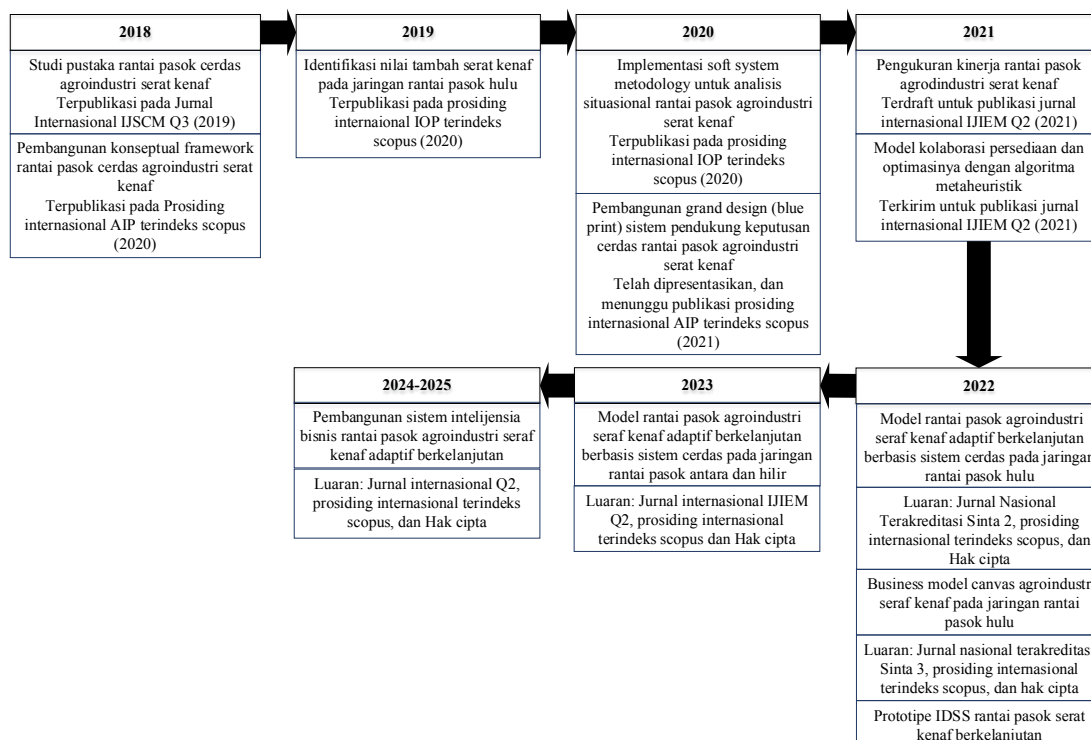
Rata-rata impor serat kenaf pertahun adalah sebesar 29,78 ribu ton/tahun sejak tahun 2012–2017 dan tercatat jumlah impor pada tahun 2017 sebesar 27,90 ribu ton (FAO, 2019). Agroindustri serat kenaf di Indonesia merupakan industri hulu yang berpotensi untuk meningkatkan jumlah produksi serat kenaf, sehingga permintaan serat kenaf dalam negeri dapat dipenuhi melalui hasil produksi Indonesia. Hal ini akan berdampak pada penurunan nilai impor serat kenaf. Kondisi ini dapat dipicu melalui peningkatan produktivitas,

mutu, nilai tambah, kepuasan konsumen, dan kerjasama yang baik di sepanjang jaringan rantai pasok serat kenaf.

Hal ini dapat meningkatkan kinerja dan pendapatan setiap anggota pada jaringan rantai pasok serat kenaf. Isu lingkungan menjadi prioritas dalam pengembangan industri serat kenaf secara global, karena serat kenaf dianggap sebagai serat nabati yang ramah lingkungan bila digunakan sebagai bahan baku (Dunne *et al.* 2016). Tanaman kenaf terbukti mampu menyerap CO₂ sebanyak 21-89 ton /ha/tahun (Santoso *et al.* 2016).

Kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.) merupakan salah satu sumber serat yang cukup potensial untuk dikembangkan dan dimanfaatkan secara optimal (Hakin *et al.* 2014). Tanaman ini berasal dari Afrika dan banyak dibudidayakan di negara berkembang.

Serat kenaf memiliki banyak produk diversifikasi dan memiliki nilai ekonomis yang tinggi (Santoso *et al.* 2015). Tanaman kenaf dapat tumbuh pada berbagai lahan seperti lahan banjir, lahan gambut, lahan kering, dan tanah podsolik merah kuning. Usia dari tanaman kenaf ini berkisar 70 hingga 150 hari tergantung macam varietas dan kondisi lingkungan tumbuhnya (Sudjindro 2011).



Gambar 1 Road map kajian agroindustri serat kenaf

Penelitian terkait keberlanjutan dalam rantai pasok agroindustri serat kenaf masih memiliki celah penelitian yang besar untuk dikaji. Pengukuran indeks kinerja produksi berkelanjutan (Hidayati *et al.* 2021a) bisa menjadi salah satu kajian penelitian ini ke depan. Selain itu, pengukuran kinerja yang menggunakan konsep *green supply chain operation reference* (Suryaningrat *et al.* 2021) juga dapat dilakukan untuk menganalisis keberlanjutan rantai pasok agroindustri serat kenaf mulai dari jaringan rantai pasok hulu, antara, hingga hilir.

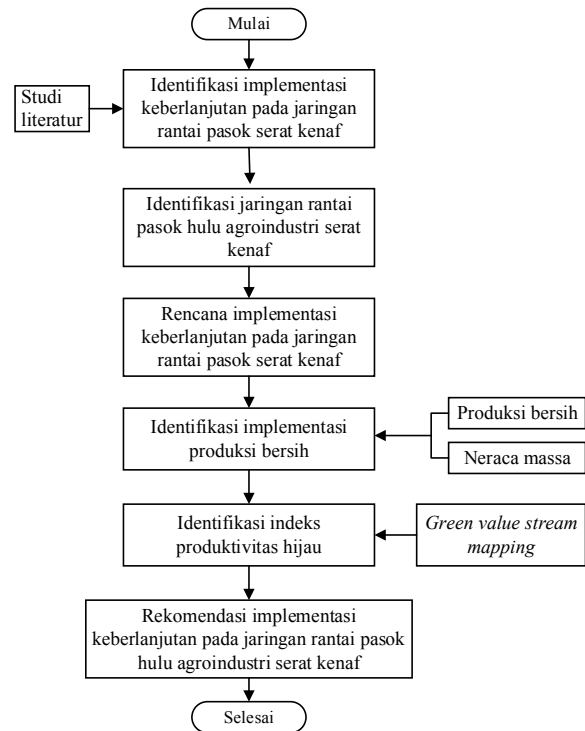
Penelitian keberlanjutan agroindustri serat kenaf pada jaringan rantai pasok hulu telah didahului dengan penelitian rancang bangun model rantai pasok cerdas (Nurhasanah *et al.* 2020a). Penelitian keberlanjutan agroindustri serat kenaf pada jaringan rantai pasok hulu terkait dengan faktor lingkungan. Oleh sebab itu, kajian mengenai produksi bersih pada agroindustri ini menjadi *input* dalam menganalisis dan membuat *green value stream mapping*. *Road map* penelitian yang telah dilaksanakan pada tahun 2019-2025 disajikan pada Gambar 1.

METODE

Penelitian ini diawali dengan melakukan identifikasi implementasi keberlanjutan pada jaringan rantai pasok serat kenaf yang berlokasi di Desa Cibiuk, Garut. Kegiatan implementasi berkelanjutan dilakukan dengan beberapa pendekatan, yaitu produksi bersih, neraca massa, *green value stream mapping*, dan indeks produktivitas hijau. Penelitian ini menghasilkan rekomendasi implementasi keberlanjutan. Kerangka berpikir dari penelitian ini disajikan pada Gambar 2.

Pada penelitian ini produksi bersih digunakan untuk mengetahui aliran *input* dan *output* yang teridentifikasi melalui pendekatan neraca massa pada proses budi daya dan penyeratan serat kenaf. Pada tahap ini, limbah yang dihasilkan teridentifikasi sehingga alternatif produksi bersih dapat diberikan.

Pada tahap pemetaan *Green Value Stream Mapping* (GVSM) dilakukan identifikasi terhadap tujuh sumber limbah (air, sampah, material, emisi, transportasi, energi, dan biodiversitas). Pemetaan dilakukan pada kondisi *current state*, *current state with opportunities*, dan *future state*.



Gambar 1 Kerangka berpikir

Perhitungan emisi pada saat pemetaan GVSM merupakan hasil dari konversi penggunaan solar pada transportasi dan mesin. Bahan bakar fosil yang digunakan adalah solar dengan faktor konversi solar yaitu 2,6413 kg/liter (berdasarkan DEFRA 2010). Rumus konversi solar ke emisi disajikan pada persamaan (1) (Marimin *et al.* 2015).

$$CO_2 \text{ tone} = \frac{\sum BB_{\text{fosil}} \times fk \times GWP}{1000} \tag{1}$$

Perhitungan *Green Productivity Index* (GPI) *current* dan *future state* diperoleh dari dua indikator, yaitu indikator ekonomi dan indikator lingkungan. Indeks produktivitas hijau disajikan pada persamaan (2).

$$GPI = \frac{\text{Indikator ekonomi}}{\text{Indikator lingkungan}} \tag{2}$$

1) Indikator Ekonomi (IE)

Indikator Ekonomi atau IE merupakan rasio antara harga jual dengan biaya produksi yang diperlukan untuk menghasilkan satu unit produk dalam satu jenis satuan yang sama.

$$IE = \frac{SP}{PC} \tag{3}$$

keterangan:

SP = *Selling price* (harga jual)

PC = *Production cost* (biaya produksi)

$$PC = \text{biaya tetap} + \text{biaya variabel} \quad (4)$$

2) Dampak Lingkungan

Nilai dampak lingkungan atau *Environmental Impact* (EI) merupakan gabungan dari *waste* yang dihasilkan dalam suatu produksi dalam periode tertentu. Nilai EI diuraikan pada persamaan (5).

Penggunaan ESI atau *Environmental Sustainability Index* merupakan dasar pembobotan EI. ESI adalah faktor pembobotan yang digunakan untuk menghitung dampak lingkungan (Marimin *et al.* 2015) yang dihasilkan dalam suatu proses produksi. Bobot masing-masing indikator GPI disajikan pada Tabel 1.

$$EI = w_1SWG + w_2GWG + w_3WC \quad (5)$$

- keterangan,
- w_1, w_2, w_3 = Bobot masing-masing indikator GPI
 - SWG = Jumlah limbah padat (*solid waste generation*)
 - GWG = Jumlah limbah gas (*gaseous waste generation*)

Tabel 1 Bobot indikator pada ESI (2005)

| Variabel GPI | Kesetaraan Indikator GPI | Bobot ESI | Gabungan Bobot | Bobot (w) dalam GPI (x/0,3) |
|--------------|--|-----------|----------------|-----------------------------|
| GWG | Kualitas Udara | 0,05 | 0,15 | 0,15 |
| | Penurunan Tingkat Polusi Udara | 0,05 | | |
| | Udara Efek Gas Rumah Kaca | 0,05 | | |
| WC | Kualitas Air | 0,05 | 0,10 | 0,33 |
| | Jumlah Air | 0,05 | | |
| SWG | Penurunan Limbah Padat dan Konsumsi Material | 0,05 | 0,05 | 0,17 |
| Total | | 0,30 | 0,30 | |

WC = Konsumsi air (water consumption)

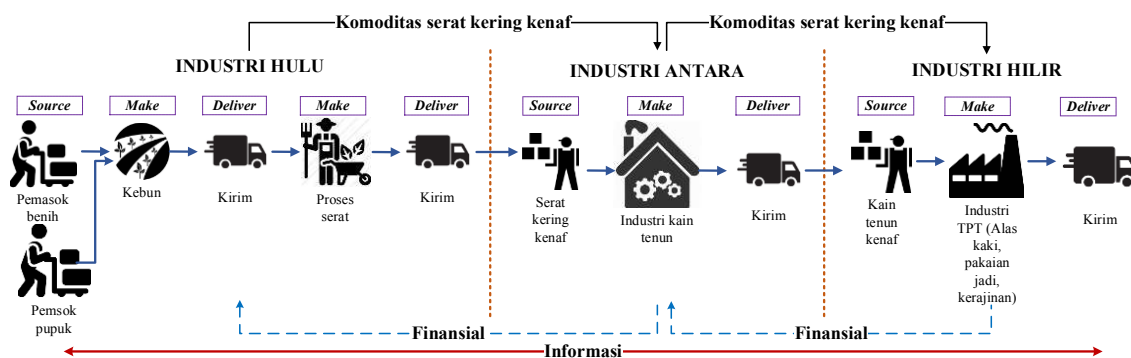
Nilai EI sebagai indikator kerusakan dampak lingkungan apabila semakin besar nilai EI menunjukkan semakin besarnya dampak terhadap lingkungan yang dihasilkan dari proses produksi yang dilakukan (Marimin *et al.* 2015).

HASIL DAN PEMBAHASAN

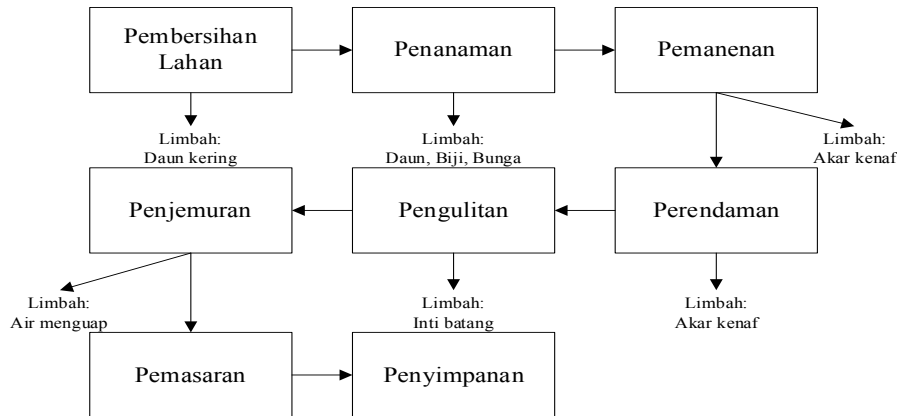
Jaringan rantai pasok hulu

Kenaf merupakan tanaman yang dapat dibudidayakan di Indonesia, sehingga hasil serat keringnya dapat diolah menjadi papan seperti *panel door trim*, tekstil, dan beberapa produk turunan lainnya (Nurhasanah *et al.* 2020b). Produk hasil olahan serat kenaf dikaji melalui tiga jaringan rantai pasok, yaitu jaringan hulu (*upstream*), antara (*mid-stream*), dan hilir (*downstream*).

Agroindustri serat kenaf berada pada jaringan rantai pasok hulu. Aktivitas yang terjadi pada jaringan rantai pasok hulu adalah proses pengadaan (*sourcing*) dari pemasok pupuk dan benih, kemudian budi daya kenaf (*make*).



Gambar 3 Jaringan rantai pasok agroindustri serat kenaf



Gambar 4 Tahapan budi daya dan penyeratan (retting) serat kenaf

Hasil panen kenaf dipindahkan (*deliver*) ke lokasi penyeratan (*retting*) untuk diolah (*make*) menjadi produk serat kering kenaf. Proses *retting* adalah proses penyeratan yang menggunakan teknologi perendaman dan pengeringan tanaman kenaf (Santoso 2011).

Produk serat kering kenaf kemudian didistribusikan (*deliver*) ke konsumen. Model jaringan rantai pasok hulu agroindustri serat kenaf divisualisasikan pada Gambar 3 (Nurhasanah *et al.* 2020c).

Produksi Bersih

Penerapan konsep produksi bersih difokuskan kepada hal-hal berikut:

- a. Pemisahan limbah menurut jenisnya
- b. *On-site reuse* merupakan upaya penggunaan kembali bahan-bahan yang terkandung dalam limbah yang nantinya dapat digunakan kembali pada proses awal atau sebagai material *input* dalam proses yang lain.
- c. Proses produksi mencakup peningkatan efisiensi dan efektivitas dalam pemakaian bahan baku, energi, dan sumberdaya lainnya.
- d. Produksi bersih berfokus kepada upaya pengurangan dampak keseluruhan daur hidup produk.

Proses produksi bersih akan memberikan informasi terkait jumlah *input* berupa benih kenaf dan bahan penunjang yang diperlukan dalam agroindustri serat kenaf. *Output* dari proses produksi berupa serat kenaf dan limbah yang dihasilkan.

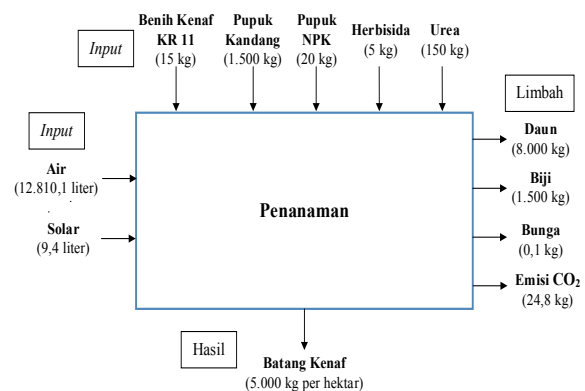
Penerapan produksi bersih di penelitian ini membahas nilai tambah yang dapat berdampak pada kemungkinan peningkatan indeks produktivitas. Penelitian terkait nilai tambah telah dilakukan sebelumnya, dan menghasilkan

perhitungan nilai tambah untuk produk turunan serat kenaf di industri antara dan hilir (Nurhasanah *et al.* 2020a)

Pada agroindustri serat kenaf terdapat peluang produksi bersih dalam setiap proses yang dapat diterapkan. Pada penelitian ini, proses produksi bersih dilakukan berdasarkan proses budi daya dan penyeratan (*retting*) serat kenaf seperti yang disajikan pada Gambar 2 dan dilanjutkan dengan perhitungan neraca massa.

1. Penanaman

Proses penanaman kenaf dilakukan setelah proses pembersihan lahan. Pembersihan lahan dilakukan setelah adanya panen terdahulu sebelum penanaman ulang. Penanaman kenaf membutuhkan beberapa input diantaranya adalah benih kenaf, air, pupuk kandang, pupuk NPK, urea, dan herbisida. Penanaman biasanya dilakukan dengan membuat lubang pada lahan ±10-20 cm, kemudian diisi dengan 5 benih kenaf lalu diberi pupuk.



Gambar 2 Neraca massa budi daya kenaf

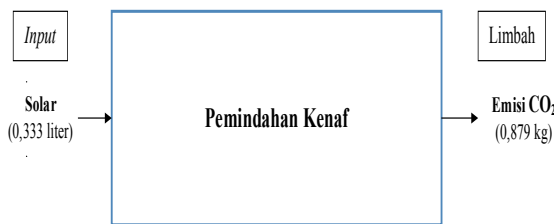
Gambar 5 merupakan visualisasi dari neraca massa pada proses budi daya kenaf. Terdapat proses produksi bersih berupa pemanfaatan

limbah yang menghasilkan nilai tambah. Pertama, terdapat daun yang dapat dijadikan pakan ternak. Pada proses ini dihasilkan daun sebanyak 8.000 kg yang dapat menghasilkan nilai tambah sebesar Rp936.288 ketika daun tersebut dijadikan pakan ternak. Kedua, terdapat biji yang dapat dijadikan minyak goreng. Pada proses ini dihasilkan biji sebanyak 1.500 kg yang dapat menghasilkan minyak sebanyak 315 liter dengan nilai tambah sebesar Rp2.487.718 (Indrasti & Fauzi, 2009).

2. Pemanenan

Pemanenan dilakukan secara manual dengan memotong batang bagian bawah. Pada proses ini tidak terdapat peluang pemanfaatan yang menambah nilai terhadap limbah. Kenaf yang sudah dipanen akan dilakukan proses lanjutan, yaitu perendaman.

3. Pemindahan Kenaf

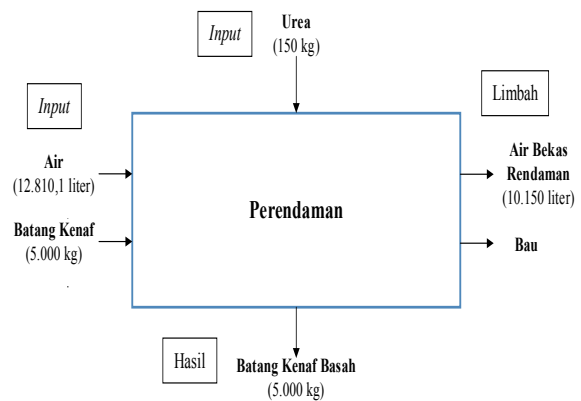


Gambar 3 Neraca massa pemindahan kenaf

Gambar 6 merupakan visualisasi dari neraca massa pada proses pemindahan batang kenaf. Batang kenaf yang sudah dipanen dipindahkan dari kebun ke kolam penyeratan menggunakan truk engkel. Dengan transportasi tersebut dapat menghasilkan emisi CO₂ sebesar 0,000879 ton atau 0,879 kg.

4. Perendaman

Proses perendaman tanaman kenaf dilakukan dengan adanya penebaran urea pada tanaman kenaf yang direndam. Saat tanaman kenaf direndam, tanaman kenaf akan ditimpa menggunakan batu dengan tujuan agar tanaman tersebut tidak mengambang dan urea yang ditebar akan menyerap dengan optimal. Proses perendaman ini akan dilakukan kurang lebih 10-12 hari pengerjaan. Pada 5-7 hari pertama akan ada proses pembalikan tanaman kenaf agar urea dapat menyerap pada semua sisi dengan sempurna. Setelah proses pembalikan, kemudian proses akan dilanjutkan selama 5 hari ke depan sebelum dilakukannya proses pengulitan.

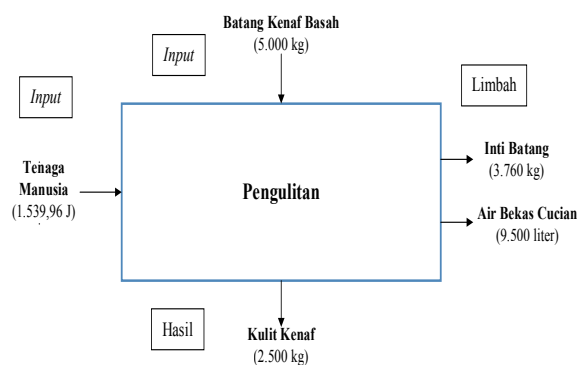


Gambar 4 Neraca massa proses perendaman

Gambar 7 merupakan visualisasi dari neraca massa pada proses perendaman. Terdapat proses produksi bersih berupa pemanfaatan limbah yang menghasilkan nilai tambah. Limbah pada proses perendaman berupa air bekas rendaman sebanyak 10.150 liter. Limbah air bekas rendaman perlu diproses lagi sehingga dapat dijadikan pupuk organik.

5. Pengulitan

Proses pengulitan tanaman kenaf dilakukan setelah mengangkut tanaman kenaf yang sudah direndam sebelumnya sehingga berbentuk batang basah yang akan dijadikan serat kenaf. Setelah proses pengulitan dilakukan, serat kenaf akan dicuci dengan menggunakan air sumur melalui selang.



Gambar 5 Neraca massa proses pengulitan

Gambar 8 merupakan visualisasi neraca massa proses pengulitan. Terdapat proses produksi bersih berupa pemanfaatan limbah yang menghasilkan nilai tambah. Pada proses pengulitan dihasilkan inti batang sebanyak 3.760 kg yang dapat menghasilkan nilai tambah sebesar Rp24.561.316 ketika inti batang dapat dijadikan kenaf *core chip* dan kenaf *core powder*.

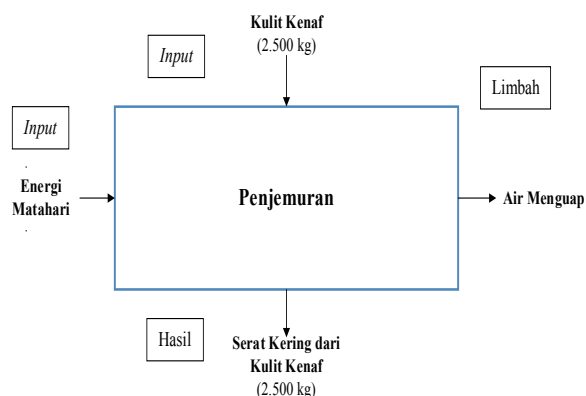
Kenaf *core chip* adalah potongan kenaf kering yang berasal dari inti batang tanaman kenaf yang telah dikeringkan, dan dipotong dengan menggunakan mesin *chopper*. Kenaf *core chip* dalam dunia industri digunakan sebagai material komposit, papan kenaf, dan material konstruksi ringan tahan gempa.

Kenaf *core powder* adalah bubuk kenaf kering yang berasal dari inti batang tanaman kenaf yang telah dikeringkan, dan dihaluskan menggunakan mesin *crusher*. Kenaf *core powder* dalam dunia industri digunakan sebagai material komposit, panel *door trim*, interior otomotif, *pet litter*, dan karpet penyerap minyak pada industri pertambangan.

Selain itu, terdapat limbah air bekas cucian yang dapat dijadikan pupuk organik cair seperti pada limbah air bekas rendaman pada proses perendaman kenaf.

6. Penjemuran

Proses penjemuran tanaman kenaf dilakukan setelah proses pengulitan, tanaman kenaf akan dijemur di atas anyaman bambu selama ±2 hari dengan menggunakan sinar matahari. Setelah dijemur, serat kenaf akan disimpan dan siap untuk di pasarkan.



Gambar 6 Neraca massa proses penjemuran

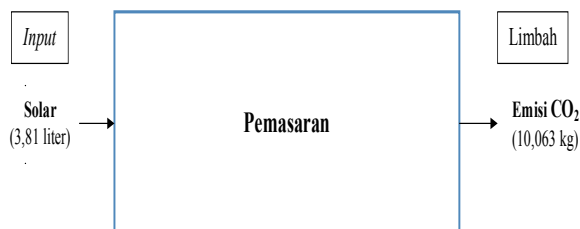
Gambar 9 merupakan visualisasi neraca massa proses penjemuran. Terdapat proses produksi bersih berupa pemanfaatan limbah yang menghasilkan nilai tambah. Dengan *output* utama berupa serat kenaf sebanyak 2.500 kg yang dapat menghasilkan nilai tambah sebesar Rp.3.370.000.

7. Penyimpanan

Pada proses ini tidak terdapat peluang pemanfaatan yang menambah nilai terhadap limbah. Serat kenaf yang sudah melalui proses

penanaman, perendaman, pengulitan serta penjemuran nantinya siap untuk disimpan dan didistribusikan kepada para konsumen. Serat kenaf yang disimpan akan digulung sebanyak 1 kg per 1 gulungan dan akan bertahan selama 5 tahun pada suhu kamar.

8. Pemasaran



Gambar 7 Neraca massa proses pemasaran

Gambar 10 merupakan visualisasi neraca massa proses pemasaran. Proses pemasaran serat kenaf dapat dilakukan dengan proses langsung dan tidak langsung. Pada produksi langsung, petani serat kenaf mengirimkan dengan transportasi mobil secara langsung oleh petani tersebut. Produksi langsung biasanya dilakukan jika petani ingin mengantar pesanan serat kenaf kepada pelanggan yang berada di Bandung. Sedangkan pada produksi tidak langsung petani mengirimkan serat kenaf melalui ekspedisi Wahana. Dengan transportasi tersebut dapat menghasilkan emisi CO₂ sebesar 0,010063 ton atau 10,063 kg.

Green Value Stream Mapping (GVSM)

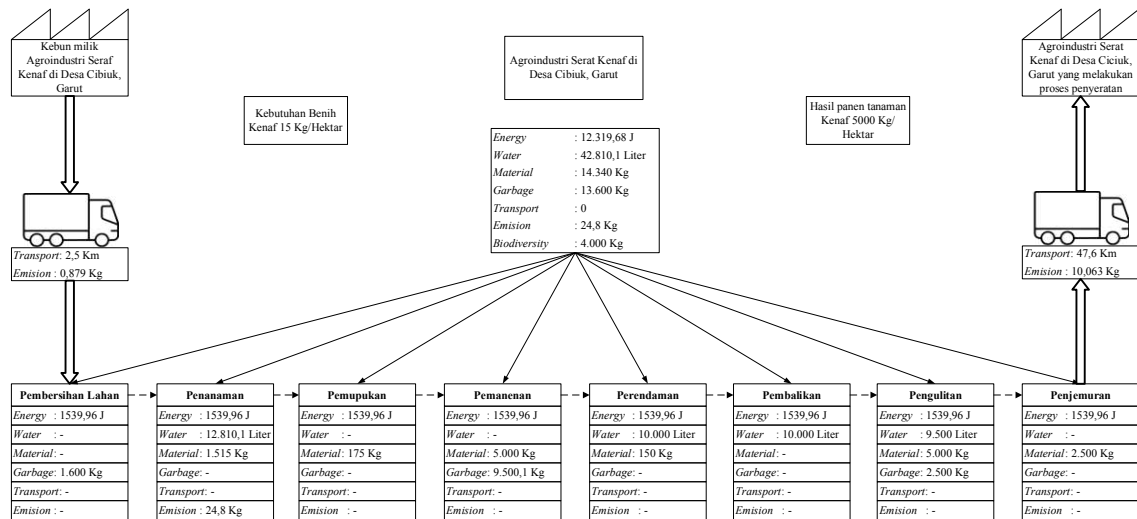
GSVM Current state

Pengukuran GPI diawali dengan melakukan analisis kondisi pengolahan serat kenaf di Agroindustri yang dipetakan melalui GVSM *Current State* seperti disajikan pada Gambar 11.

Gambar 11 menunjukkan bahwa pada setiap proses produksi serat kenaf menghasilkan limbah diantaranya adalah sisa air yang berasal dari proses perendaman dan pembalikan dan emisi pada proses penanaman. Pada proses pembersihan lahan digunakan energi manusia sebesar 1.539,96 Joule yang berasal dari rumus Harris-Benedict (1919) (Harris 1991) pada persamaan (6).

$$BMR \text{ Laki} - \text{Laki} = 66 + (13,7 \times BB) + (5 \times TB) - (6,78 \times U) \tag{6}$$

Pada persamaan (6) dibutuhkan data berat badan (BB), tinggi badan (TB), dan umur pekerja (U) dari Pak Abu yang merupakan pekerja pada agroindustri.



Gambar 11 Pemetaan GVSM current state agroindustri serat kenaf

Pada kondisi ini dihasilkan sampah kulit kering jagung sebanyak 1.600 kg berasal dari perkiraan sampah hasil panen jagung sebelum masa tanam kenaf pada sisi hulu jaringan rantai pasok yang tidak diperhitungkan sebagai limbah karena akan diolah menjadi kerajinan tangan.

Pada proses penanaman dibutuhkan energi manusia sebesar 1.539,96 Joule sama dengan proses pembersihan lahan, air sebanyak 12.810,10 liter, material berupa bibit kenaf sebanyak 15 kg dan pupuk NPK sebanyak 1.500 kg yang tidak diperhitungkan sebagai limbah, dan menghasilkan emisi CO₂ yang berasal dari penggunaan mesin pompa air sebesar 24,8 kg dengan perhitungan persamaan (1). Sehingga mendapatkan hasil emisi CO₂ sebesar 0,0248 ton atau 24,8 kg. Pada proses pemupukan dibutuhkan energi manusia sebesar 1.539,96 Joule sama dengan proses pembersihan lahan dan digunakan material berupa pupuk NPK sebanyak 20 kg, herbisida sebanyak 5 kg, dan urea sebanyak 150 kg.

Pada proses pemanenan dibutuhkan energi manusia sebesar 1.539,96 Joule sama dengan proses pembersihan lahan, material berupa batang kenaf sebanyak 5000 kg/ha, dan dihasilkan sampah berupa daun sebanyak 8.000 kg, biji sebanyak 1.500 kg, dan bunga sebanyak 0,10 kg. Sampah tersebut tidak diperhitungkan sebagai limbah karena daun akan diolah menjadi pakan ternak dengan nilai tambah atau keuntungan sebesar Rp936.288 dan biji yang dapat diolah menjadi minyak sebanyak 315 liter dengan nilai tambah atau keuntungan sebesar Rp.2.487.718.

Pada proses perendaman dibutuhkan energi manusia sebesar 1.539,96 Joule sama dengan

proses pembersihan lahan, air sebanyak 10.000 liter, dan digunakan material pupuk urea berupa sebanyak 150 kg. Pada proses pembalikan dibutuhkan energi manusia sebesar 1.539,96 Joule sama dengan proses pembersihan lahan dan air sebanyak 10.000 liter. Pada proses perendaman dan pembalikan sisa air perendaman dapat dijadikan pupuk organik cair.

Pada proses pengulitan dibutuhkan energi manusia sebesar 1.539,96 Joule sama dengan proses pembersihan lahan, kemudian dihasilkan material berupa batang kenaf basah sebanyak 5.000 kg, dihasilkan sampah berupa inti batang sebanyak 3.760 kg yang tidak diperhitungkan sebagai limbah karena akan diolah menjadi kenaf *core chip* dan kenaf *core powder* dengan nilai tambah atau keuntungan sebesar Rp.24.561.316. Kemudian pada proses penjemuran dibutuhkan energi manusia sebesar 1.594,2 Joule dan dihasilkan material berupa serat kering kulit kenaf sebanyak 2.500 kg.

Pada Gambar 11 terdapat pula transportasi dari kebun ke kolam penyeratan menggunakan truk engkel dengan jarak 2,5 Km berdasarkan aplikasi *Google Maps*. Dengan transportasi tersebut dapat menghasilkan emisi CO₂ dengan perhitungan pada persamaan (1) sehingga mendapatkan hasil emisi CO₂ sebesar 0,000879 ton atau 0,879 kg. Serta transportasi dari kolam penyeratan ke PT. Innatex menggunakan mobil Grandmax dengan jarak 47,6 Km berdasarkan aplikasi *Google Maps*. Dengan transportasi tersebut dapat menghasilkan emisi CO₂ dengan perhitungan pada persamaan (1) sehingga mendapatkan hasil emisi CO₂ sebesar 0,010063 ton atau 10,063 kg. Setelah membuat GVSM

Current State, ditentukan beberapa alternatif pilihan yang dapat digunakan untuk membuat *GVSM Future State*, yaitu:

1. Alternatif produksi bersih dari hasil limbah kulit kering jagung pada proses pembersihan lahan dapat menghasilkan nilai tambah berupa keuntungan dengan mengolah limbah kulit kering jagung sebagai kerajinan tangan.
2. Alternatif produksi bersih dari limbah daun dan biji kenaf pada proses pemanenan adalah mengolah limbah daun menjadi pakan ternak, dan biji kenaf yang diolah menjadi minyak goreng.
3. Alternatif produksi bersih dari limbah air rendaman pada proses perendaman dan pembalikan tanaman kenaf adalah mengolah air rendaman menjadi pupuk organik cair.
4. Alternatif produksi bersih dari proses pengulitan pada limbah inti batang adalah mengolahnya menjadi kenaf *core chip* dan kenaf *core powder*.

GVSM Current state with opportunities

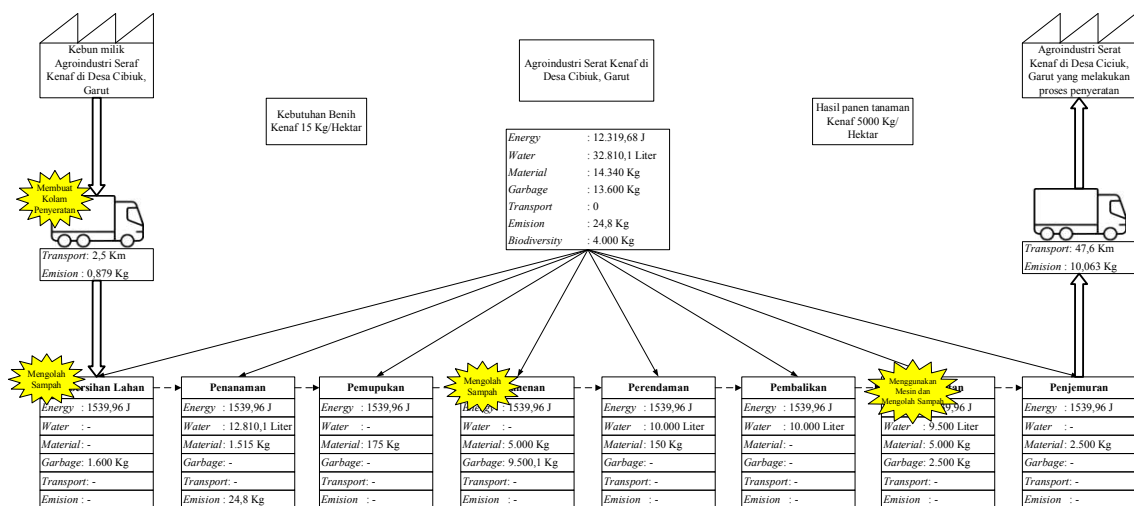
Gambar 12 menunjukkan bahwa *improvement* dilakukan pada transportasi dari kebun milik agroindustri ke lahan penyeratan, proses pembersihan lahan, pemanenan, dan pengulitan. *Improvement* ditandai dengan Kaizen Blitz berwarna kuning. *Improvement* yang dilakukan pada transportasi dari kebun milik agroindustri ke lahan penyeratan adalah membuat kolam di kebun. *Improvement* yang dilakukan pada proses pembersihan lahan dan pemanenan adalah mengolah sampah. Dan *improvement* yang dilakukan pada proses pengulitan adalah mengganti energi manusia dengan mesin, yaitu mesin *ribboner*. Mesin *ribboner* menggunakan

listrik sehingga limbah yang dihasilkan hanya berupa kulit.

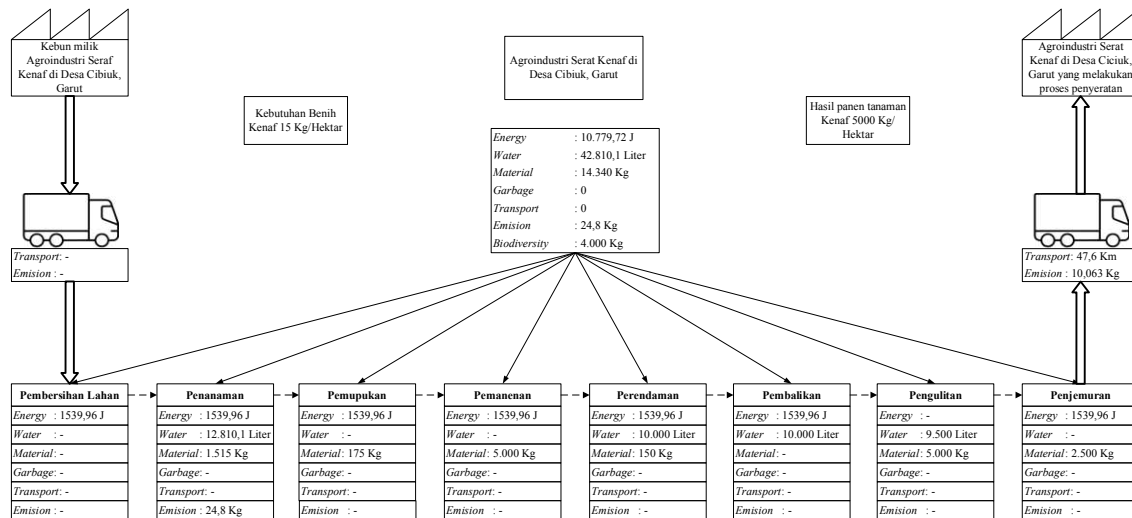
GVSM future state

GVSM future state dilakukan berdasarkan *GVSM current state* dan *current state with improvement*. *GVSM future state* disajikan pada Gambar 13.

Gambar 13 menunjukkan bahwa pada proses pembersihan lahan dibutuhkan energi manusia sebesar 1.539,96 Joule seperti yang disajikan pada persamaan 6. Pada proses penanaman dibutuhkan energi manusia sebesar 1.539,96 Joule sama dengan proses pembersihan lahan, air sebanyak 12.810,1 liter, material berupa bibit kenaf sebanyak 15 kg dan pupuk NPK sebanyak 1.500 kg, dan menghasilkan emisi CO₂ yang berasal dari penggunaan mesin pompa air sebesar 24,83 kg dengan perhitungan yang telah disajikan pada persamaan (1) sehingga menghasilkan emisi CO₂ sebesar 0,0248 ton atau 24,8 kg dengan mesin pompa air yang digunakan dengan merk Dong Feng dengan harga Rp.13.000.000. Pada proses pemupukan dibutuhkan energi manusia sebesar 1.539,96 Joule sama dengan proses pembersihan lahan dan digunakan material berupa sebanyak 175 kg. Pada proses pemanenan dibutuhkan energi manusia sebesar 1.539,96 Joule sama dengan proses pembersihan lahan, material berupa batang kenaf sebanyak 5.000 kg/Ha. Dalam lahan proses pemupukan akan dibuat kolam air untuk mengurangi emisi CO₂ pada proses pemindahan batang kenaf dari lahan penanaman ke kolam perendaman, dengan ukuran kolam yang akan dibuat sebesar 5m x 3m x 0,45m dengan harga Rp.1.220.000.



Gambar 12 Pemetaan GVSM current state with opportunities pada jaringan rantai pasok hulu agroindustri serat kenaf



Gambar 13 Pemetaan GVSM future state pada jaringan rantai pasok hulu agroindustri serat kenaf

Pada proses perendaman dibutuhkan energi manusia sebesar 1.539,96 Joule sama dengan proses pembersihan lahan, air sebanyak 10.000 liter, dan digunakan material pupuk urea berupa sebanyak 150 kg. Pada proses pembalikan dibutuhkan energi manusia sebesar 1.594,2 Joule dan air sebanyak 10.000 liter.

Pada proses pengulitan energi manusia digantikan dengan Mesin Ribboner (Ginting 2008) dengan harga beli Rp.17.161.800 yang menggunakan solar seharga Rp.121.910 per 6,5 horsepower dengan menghasilkan 600 kg batang kenaf/jam, kemudian menghasilkan material berupa batang kenaf basah sebanyak 5.000 kg. Untuk pemanfaatan limbah inti batang kenaf diperlukan 2 mesin, yaitu mesin *chopper* (Harsono *et al.* 2012) dengan harga beli Rp.10.000.000 yang menggunakan listrik dengan biaya listrik sebesar Rp.62.017, dan mesin *crusher* dengan harga beli Rp.28.603.000.

Kemudian pada proses penjemuran dibutuhkan energi manusia sebesar 1.539,96 Joule sama dengan proses pembersihan lahan dan dihasilkan material berupa serat kering kulit kenaf sebanyak 2.500 kg.

Pada Gambar 13 terdapat pula transportasi dari kolam penyeratan ke PT. Innatex menggunakan mobil Grandmax dengan jarak 47,6 Km berdasarkan aplikasi *Google Maps*. Dengan transportasi tersebut dapat menghasilkan emisi CO₂ dengan perhitungan pada persamaan (1) sehingga mendapatkan hasil emisi CO₂ sebesar 0,010063 ton atau 10,063 kg.

Green Productivity Index (GPI)

GPI Current state

Harga jual serat kenaf per kg pada Agroindustri serat kenaf di Desa Cibiuk Garut adalah Rp.15.000 dengan biaya produksi Rp6.578 per kg. Terdapat limbah padat (SWG) yang dihasilkan adalah 27.260 kg dan konsumsi air (WC) sebanyak 32.810,10 liter. Berdasarkan data-data tersebut dapat dilakukan perhitungan EI dengan menggunakan persamaan (5) menghasilkan nilai EI sebesar 3.003 kg. Hal ini berarti dalam satu kali proses produksi menghasilkan dampak terhadap lingkungan berupa limbah sebesar 3.003 kg (Marimin *et al.* 2015). Kemudian dilakukan perhitungan IE, jika nilai IE > 1 maka dapat dikatakan baik, karena harga jual lebih besar dari biaya produksi yang menunjukkan bahwa dalam memproduksi serat kenaf pihak agroindustri sudah memperoleh keuntungan. Perhitungan IE berdasarkan persamaan (3) menghasilkan nilai sebesar 1,871 yang berarti pihak agroindustri sudah memperoleh keuntungan dalam proses produksi serat kenaf (Widyastuti 2018). Selanjutnya dilakukan perhitungan GPI berdasarkan persamaan (2) yang menghasilkan nilai sebesar 0,000759.

Menurut Widhiarti (2014), jika nilai GPI > 1 maka GPI memiliki nilai yang tinggi (Widhiarti 2014). Berdasarkan hasil perhitungan nilai GPI < 1 yaitu sebesar 0,000759. Menurut Fitri (2015), semakin tinggi nilai GPI yang dicapai, maka tingkat IE akan semakin tinggi sedangkan EI yang dihasilkan akan semakin rendah (Fitri *et al.* 2015). Oleh karena itu, diperlukan alternatif solusi untuk meningkatkan nilai GPI.

GPI Future state

Harga jual serat kenaf per kg pada agroindustri serat kenaf di Desa Cibiuk Garut adalah Rp15.000 dengan biaya produksi per kg Rp8.018. Setelah dilakukan beberapa alternatif produksi terdapat limbah padat (SWG) yang dihasilkan adalah 4000 kg dan konsumsi air (WC) sebanyak 32.810,10 liter. Berdasarkan data-data tersebut dapat dilakukan perhitungan EI dengan menggunakan persamaan (5) menghasilkan nilai EI sebesar 1.840 kg yang berarti dalam satu kali proses produksi menghasilkan dampak terhadap lingkungan berupa limbah sebesar 1.840 kg (Marimin *et al.* 2015). Kemudian dilakukan perhitungan IE, jika nilai $IE > 1$, maka dapat dikatakan baik, karena harga jual lebih besar dari biaya produksi yang menunjukkan bahwa dalam memproduksi serat kenaf pihak agroindustri sudah memperoleh keuntungan. Perhitungan IE dapat menggunakan persamaan (3) menghasilkan nilai sebesar 2,272 menunjukkan bahwa dalam memproduksi serat kenaf pihak agroindustri sudah memperoleh keuntungan dalam proses produksi serat kenaf (Widyastuti 2018). Selanjutnya dilakukan perhitungan GPI berdasarkan persamaan (2) yang menghasilkan nilai sebesar 0,001234. Nilai GPI berdasarkan kondisi *future state* ternyata masih menghasilkan nilai lebih kecil dari 1. Hal ini menunjukkan perlunya dilakukan kegiatan-kegiatan melalui peningkatan nilai tambah terhadap limbah-limbah yang dihasilkan dari budi daya serat kenaf.

Penelitian ini di masa yang akan datang masih memiliki peluang untuk dikembangkan terkait dengan konsep produksi berkelanjutan, yaitu untuk pengukuran indeks produksi berkelanjutan. Pengukuran indeks produksi berkelanjutan telah berhasil dilakukan sebelumnya pada rantai pasok usaha rumah potong (Hidayati *et al.* 2021b).

KESIMPULAN

Pada penelitian yang telah dilakukan, maka diusulkan 6 alternatif produksi bersih, 4 diantaranya dapat menambah nilai pada limbah dan 2 diantaranya adalah kegiatan rutin dari agroindustri serat kenaf. Kegiatan penambahan nilai pada limbah budi daya kenaf terdapat pada (1) Pengolahan limbah daun menjadi pakan ternak dan biji menjadi minyak; (2) Pengolahan limbah air rendaman menjadi pupuk organik cair; (3) Pengolahan limbah inti batang menjadi kenaf *core chip* dan kenaf *core powder*; dan (4) Pengolahan

serat kenaf basah menjadi serat kenaf kering. Hasil pemetaan GVSM *Current State* pada energi sebesar 12.753,6 Joule, air sebanyak 32.810,1 liter, material sebanyak 14.340 kg, sampah sebanyak 14.860 kg, emisi sebesar 1.584 kg, dan biodiversitas sebanyak 4.000 kg. Setelah dilakukan alternatif produksi, hasil pemetaan GVSM *future State* pada energi sebesar 11.159,4 Joule, air sebanyak 32.810,1 liter, material sebanyak 14.340 kg, emisi sebesar 1.584 kg, dan biodiversitas sebanyak 4.000 kg. Terjadi pengurangan energi berupa tenaga manusia sebesar 1.594,2 Joule yang digantikan dengan penggunaan mesin. Nilai GPI *current state* pada jaringan rantai pasok hulu agroindustri serat kenaf adalah 0,000759 dan nilai GPI *future state* yang didapatkan adalah 0,001234. Ini berarti bahwa alternatif produksi yang diberikan memengaruhi kenaikan nilai IE dan penurunan nilai EI dari jaringan rantai pasok hulu agroindustri serat kenaf sehingga nilai GPI *future state* yang dihasilkan semakin baik. Sehingga dampak terhadap lingkungan pada agroindustri serat kenaf semakin berkurang. Penelitian ini masih terbatas dilakukan pada satu lahan tanaman kenaf, sehingga masih perlu dilakukan penelitian lanjutan pada lahan lain untuk memberikan rekomendasi terhadap keberlanjutan agroindustri serat kenaf berdasarkan peningkatan nilai GPI.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat (LPPM) Universitas Al-Azhar Indonesia yang telah mendanai kegiatan penelitian dengan skema *Multi Discipline Research Grant* tahun anggaran 2022

DAFTAR PUSTAKA

- Dunne, R., D. Desai, R. Sadiku, and J. Jayaramudu. 2016. A review of natural fibres, their sustainability and automotive applications. *Journal of Reinforced Plastics and Composites* 35(13):1041–1050.
- FAO. 2019. Food and Agriculture Jute, Kenaf, Coir and Allied Fibres Statistical Bulletin:6–7.
- Fitri, J. L., N. W. Setyanto, and L. Riawati. 2015. Peningkatan Prouktivitas dan Kinerja Lingkungan Menggunakan Pendekatan Green Productivity pada Proses Produksi Pupuk Organik (Studi Kasus di PT Tiara

- Kurnia, Malang). *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Sistem Industri* 3(2):363–374.
- Ginting, A. S. 2008. Rancang Bangun Mesin Pemisah Kulit Kenaf (*Hibiscus cannabinus* L) dengan Metode Pembelahan.
- Hakin, R., J. Biologi, F. Matematika, P. Alam, and U. Brawijaya. 2014. Keragaman Morfologi Kenaf (*Hibiscus cannabinus* L) KR 11 Mutan EMS (Ethyl Methanesulfonate) berdasarkan Panduan Karakterisasi Kenaf 2(1):8–13.
- Harris, B. 1991. *A Biometric Study of Human Basal Metabolism*. US National Library of Medicine National Institutes of Health, USA.
- Harsono, P. Widodo, A. Nurhasanah, and G. AK. 2012. Modifikasi dan Uji Mesin Pencacah Kakao Segar Untuk Pakan Ternak.
- Hidayati, L., R. Astuti, Sucipto, and Herawati. 2021a. Evaluasi dan Strategi Perbaikan Produksi Berkelanjutan Usaha Penjualan Ayam Skala Kecil. *Agrointek: Jurnal Teknologi Industri Pertanian* 15(3):779–791.
- Hidayati, L., R. Astuti, Sucipto, and Herawati. 2021b. Evaluasi dan Strategi Perbaikan Produksi Berkelanjutan Usaha Penjualan Ayam Skala Kecil. *Agrointek: Jurnal Teknologi Industri Pertanian* 15(3):779–791.
- Indrasti, N. S., and A. M. Fauzi. 2009. *Produksi Bersih*. Penerbit IPB Press, Bogor.
- Kementerian Perindustrian. 2015. *Rencana Induk Pembangunan Industri Nasional 2015 - 2035*. Kementerian Perindustrian, Jakarta.
- Marimin, Machfud, Muh. A. Darmawan, S. Martini, D. Rukmayadi, B. Wiguna, Muh. P. Islam, and W. Adhi. 2015. *Teknik dan Aplikasi Produktivitas Hijau (Green Productivity) Pada Agroindustri*. First edition. PT Penerbit IPB Press, Bogor.
- Nurhasanah, N., Machfud, D. Mangunwidjaja, and M. Romli. 2020a. A conceptual framework on the design of intelligent supply chain for natural fibre agroindustry. *The 5th International Conference on Industrial, Mechanical, Electrical, and Chemical Engineering*:030050-1-030050–8.
- Nurhasanah, N., Machfud, D. Mangunwidjaja, and M. Romli. 2020b. A conceptual framework on the design of intelligent supply chain for natural fibre agroindustry. *The 5th International Conference on Industrial, Mechanical, Electrical, and Chemical Engineering*:030050-1-030050–8.
- Nurhasanah, N., Machfud, D. Mangunwidjaja, and M. Romli. 2020c. Value Added of Kenaf Fibre in Natural Fibre agroindustry Supply Chain Network. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 472(1).
- Santoso, B. 2011. Proses retting kenaf. *Penas XIII*(19 Juni):2.
- Santoso, B., A. H. Jamil, and M. Machfud. 2015. Manfaat Kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.) dalam Penyerapan Karbondioksida (CO₂) Kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.) Benefits in Carbon Dioxide (CO₂) Sequestration. *Perspektif* 14(2):125–134.
- Santoso, B., A. H. Jamil, and Moch. Machfud. 2016. Manfaat Kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.) dalam Penyerapan Karbondioksida (CO₂). *Perspektif* 14(2):125.
- Sudjindro. 2011. Prospek Serat Alam. *Perspektif* 10(2):92–104.
- Suryaningrat, I. B., E. R. A., and E. Novita. 2021. Penerapan Metode Green Supply Chain Operation Reference (GSCOR) Pada Pengolahan Ribbed Smoke Sheet (RSS) (Studi Kasus di PTPN XII Sumber Tengah Silo, Jember). *Jurnal Agrointek* 15(1):282–293.
- Widhiarti, R. P. 2014. Peningkatan Produktivitas Proses Produksi ban Motor Dengan Pendekatan Produktivitas Hijau (Studi Kasus PT. XYZ).
- Widyastuti, P. 2018. Analisis Produktivitas Proses Produksi Kopi Robusta Dengan Pendekatan Green Productivity (Studi Kasus PTPN XII Kebun Bangelan Malang).