



Analisis teknoekonomi usaha pengolahan limbah cair organik menggunakan black soldier fly (*Hermetia illucens*)

Dwi Setiawan, Aditia Ginantaka*, Miftahudin

Program Studi Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknik dan Ilmu Pangan Halal, Universitas Djuanda, Bogor, Indonesia

Article history

Diterima:

5 Agustus 2021

Diperbaiki:

14 Desember 2021

Disetujui:

17 Desember 2021

Keyword

*black soldier fly
technoeconomic analysis;
waste treatment*

ABSTRACT

Liquid waste could not be treated by primary treatment only, secondary or tertiary treatment is needed. However, this process has a high cost, so alternative processes are required. Black soldier fly (BSF) is an alternative treatment for a low-cost. In addition, waste treatment with BSF also produces animal food from the larvae produced and compost from processing residue. This processing product has a good economical value. However, a business project should be conducted a feasibility analysis to find out if the business is possible. Feasibility analysis is based on financial analysis of investment criteria: Net Present Value (NPV), Net Benefit Cost per ratio (Net B/C), Internal Rate of Return (IRR) and Payback Period (PP). The result is NPV Rp141,626,142; Net B/C 1.15; IRR 17.6 % and PP 3.95 years. Based on that financial criteria, the organic waste processing into animal feed and fertilizers using BSF is possible. Sensitivity analysis shows that decreasing revenue over 8.04% could make this business unfeasible. The increasing of main material cost for almost 59% could keep this business feasible.



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

* Penulis korespondensi

Email : aditia.ginantaka@unida.ac.id

DOI [10.21107/agrointek.v16i2.11403](https://doi.org/10.21107/agrointek.v16i2.11403)

PENDAHULUAN

PT XYZ merupakan salah satu perusahaan yang memproduksi minuman sehat berupa susu dan yoghurt. Proses produksi di PT XYZ menghasilkan limbah cair yang mengandung banyak senyawa organik. Limbah yang dihasilkan mengandung air, protein, dan gula. Efektivitas penanganan limbah cair organik dapat dilakukan dengan penanganan sekunder yang umumnya memanfaatkan mikroorganisme. Pengolahan limbah cair dapat dilakukan dengan bantuan Effective Microorganisms-4 (EM-4), M-bio, dan mikroorganisme lokal (MoL) (Andrianieny *et al.*, 2015). Melalui pengolahan tersebut limbah cair dikonversi menjadi pupuk. Pengolahan konvensional pada industri minuman berbahan baku susu relatif panjang dan kompleks diantaranya meliputi proses equalisasi, aerasi, sedimentasi, flokulasi, flotasi, penyingkapan pasir dan arang aktif (Wagini *et al.*, 2002). Pengolahan sekunder dan tersier dibutuhkan agar pengolahan dapat tuntas, namun biaya investasi dan pengolahannya menjadi tinggi (Elsaprike, 2004).

Tingginya biaya pengolahan tersebut membuat tidak seluruh pelaku industri mampu mengolah limbah secara mandiri. Agar limbah tetap dapat tertangani maka diperlukan alternatif yang tepat untuk pengolahan limbah dengan biaya lebih rendah. Salah satu alternatif pengolahan limbah cair adalah dengan menggunakan serangga *black soldier fly* (BSF). Larva serangga *black soldier fly* dapat mengonsumsi komponen organik dalam sampah (Roychoudhury *et al.*, 2018). Komponen organik yang menjadi sumber nutrisi bagi larva BSF diantaranya protein, lemak, dan karbohidrat. Pemanfaatan BSF pada penanganan limbah dinilai menjanjikan karena mampu mengonversi limbah yang tidak bernilai ekonomi menjadi produk yang bernilai ekonomi dengan biaya investasi rendah (Diener *et al.*, 2011)

Komponen organik pada limbah PT XYZ bersumber dari bahan baku susu skim, gula, dan bahan organik lainnya sehingga dapat diolah menggunakan BSF. Umumnya BSF digunakan untuk mengolah sampah organik padat perkotaan (Kahar *et al.*, 2020). Pengolahan limbah cair yang mengandung komponen organik yang telah dilakukan diantaranya penanganan air lindi atau *leachate* dengan penambahan bekatul gandum dan berbagai residu *biodegradable nutrient* (Grossule *et al.*, 2020). Penambahan bekatul dilakukan

untuk menurunkan kadar air limbah (*dewatering*) menjadi 70-80 % (Dortmans *et al.*, 2017).

Menurut Fahmi (2018), *black soldier fly* dalam bentuk larva (maggot) mampu mereduksi limbah organik dan menghasilkan pupuk kompos sebagai residu. Kemampuan larva BSF dalam mereduksi sampah organik berkisar antara 65,5 % - 78,9 % (Diener *et al.*, 2011). Sementara menurut Yuwono dan Mentari, (2018) proses reduksi pada sampah padat berupa buah dan sayuran dapat mencapai 41 % - 63 % tergantung pada jenis substrat organik yang menjadi sumber makanan larva BSF. Secara agregat proses reduksi mencapai 58 %. Diakhir proses konversi limbah organik larva BSF yang menyimpan cadangan lemak dan protein dapat dimanfaatkan sebagai pakan ternak. Kandungan protein dapat digunakan untuk menggantikan sumber protein konvensional yang terkandung pada pakan hewan dan ternak (Roychoudhury *et al.*, 2018). Kandungan Protein pada larva BSF berkisar antara 31,7-47,6 % (Yuwono dan Mentari, 2018) dan 41,80 % menurut Kahar *et al.* (2020), tergantung pada pakan yang diberikan pada larva BSF. Sehingga dapat dimanfaatkan sebagai alternatif sumber pakan ternak. Disamping itu residu yang dihasilkan memiliki karakteristik seperti kompos, sehingga dapat dijadikan sebagai pupuk (Roychoudhury *et al.*, 2018).

Berdasarkan hal tersebut penanganan limbah organik menggunakan BSF dinilai efektif karena hampir seluruh limbah dapat terkonversi dan dimanfaatkan dan tidak terbuang. *Black soldier fly* dapat dioptimalkan sebagai usaha untuk mencapai *zero waste*. Hal ini telah dibuktikan pada proses penanganan limbah organik pertanian (Rodiyah *et al.*, 2019). Penanganan limbah menggunakan *black soldier fly* menjadi peluang potensial untuk menjadi usaha yang menghasilkan profit dari pakan ternak dan kompos yang dihasilkan. Oleh karena itu penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kelayakan usaha pengolahan limbah organik menggunakan *black soldier fly* untuk mengetahui sejauh mana pengolahan ini dapat memberikan keuntungan.

METODE

Tempat dan waktu penelitian

Penelitian dilakukan di PT XYZ di Kecamatan Babakan Madang, Kabupaten Bogor, Jawa Barat. Pengumpulan data dilakukan pada bulan Juni 2020.

Ruang lingkup penelitian

Ruang lingkup penelitian ini adalah mengkaji aspek finansial pada rencana pengolahan limbah organik menjadi pakan ternak dan pupuk organik menggunakan *black soldier fly* (*Hermetia illucens*).

Teknik pengumpulan data

Data yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh melalui observasi dan wawancara langsung dengan manajemen dan karyawan PT XYZ. Data sekunder yang digunakan berasal dari studi literatur dan hasil penelitian terdahulu. Data primer yang hendak didapatkan meliputi jumlah produksi limbah cair organik, nilai jual kompos, serta estimasi biaya lahan dan konstruksi. Data sekunder meliputi desain proses, komposisi bahan baku, persentase produk yang dihasilkan, upah minimum, daftar mesin dan peralatan serta masa pakainya. Data-data yang dikumpulkan mencakup komponen yang berperan dalam arus masuk dan arus keluar secara finansial.

Asumsi

Berbagai asumsi yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut. Umur usaha ditetapkan selama 10 tahun. Suku bunga ditetapkan sesuai suku bunga pinjaman sebesar 11,5 % (Bank Mandiri 2020). Waktu operasi usaha diasumsikan berjalan lima hari dalam sepekan dan 50 pekan dalam setahun. Harga limbah dianggap nol karena merupakan barang buangan dari pemilik usaha. Jumlah limbah cair adalah 750 kg. Jumlah bekatul yang ditambahkan sebesar 30 % dari berat limbah. Sehingga total bahan yang diolah larva BSF dalam sehari adalah 975 kg. Selama umur proyek harga jual diasumsikan tetap.

Analisis Data

Analisis data dalam penelitian adalah analisis kuantitatif menggunakan aplikasi Microsoft Excel. Analisis dilakukan dengan melakukan perhitungan kriteria-kriteria investasi. Kriteria tersebut yaitu:

Net Present Value (NPV)

Merupakan nilai sekarang dari selisih antara manfaat dan biaya selama umur usaha. NPV menunjukkan keuntungan yang diperoleh selama umur investasi, merupakan jumlah nilai penerimaan pada waktu sekarang dikurangi

dengan biaya yang dikeluarkan selama waktu tertentu. NPV dihitung dengan rumus (1):

$$NPV = \sum_{t=0}^n \frac{B_t - C_t}{(1+i)^t}$$

Keterangan:

B_t = manfaat usaha pada tahun ke-t (Rp)

C_t = Biaya usaha pada tahun ke-t (Rp)

t = Umur ekonomis proyek (tahun)

i = Tingkat suku bunga/diskonto (% per tahun)

Net Benefit Cost Ratio (B/C)

Merupakan perbandingan antara *net benefit* yang bernilai positif dan *net benefit* yang bernilai negatif. Net B/C menunjukkan tingkat besarnya manfaat pada setiap tambahan biaya sebesar satu satuan uang. Nilai Net B/C dihitung dengan rumus (2):

$$\text{Net } \frac{B}{C} = \frac{\sum_{t=0}^n \frac{B_t - C_t}{(1+i)^t}}{\sum_{t=0}^n \frac{B_t - C_t}{(1+i)^t}} \quad \text{dimana } \begin{cases} (B_t - C_t > 0) \\ (B_t - C_t < 0) \end{cases}$$

Keterangan:

B_t = manfaat usaha pada tahun ke-t (Rp)

C_t = Biaya usaha pada tahun ke-t (Rp)

t = Umur ekonomis proyek (tahun)

i = Tingkat suku bunga/diskonto (% per tahun)

Internal rate of return (IRR)

Merupakan suatu tingkat *discount rate* yang menghasilkan *net present value* sama dengan nol. IRR menunjukkan kemampuan suatu proyek untuk menghasilkan tingkat keuntungan yang dicapai. IRR dihitung menggunakan rumus (3):

$$IRR = i_1 + \frac{NPV}{NPV_1 - NPV_2} (i_2 - i_1)$$

Keterangan:

i₁ = *Discount rate* yang menghasilkan NPV positif

i₂ = *Discount rate* yang menghasilkan NPV negatif

NPV1 = NPV yang bernilai positif

NPV2 = NPV yang bernilai negatif

Payback Period (PP)

Payback period mengukur seberapa cepat investasi bisa kembali. Suatu usaha dikatakan layak apabila nilai PP lebih kecil dari umur usaha. Semakin kecil nilai *payback period* menandakan pengembalian investasi semakin cepat yang berarti usaha semakin layak untuk dijalankan. Nilai PP dihitung dengan rumus (4):

$$\text{Payback Period} = \frac{I}{A_b}$$

Keterangan:

I = Besarnya investasi yang dibutuhkan

A_b = Benefit bersih yang diperoleh setiap tahunnya

HASIL DAN PEMBAHASAN**Proses penanganan limbah cair dengan BSF**

Proses penanganan limbah cair organik PT XYZ diawali dengan penerimaan masuknya limbah, di tempat ini limbah disimpan dan didata. Limbah kemudian dipersiapkan di unit pra proses, yaitu dilakukan pemisahan bahan non organik dan penyesuaian kadar air. Kadar air limbah PT XYZ mencapai lebih dari 85 %. Tahap pra proses pengolahan bertujuan untuk menurunkan kadar air limbah menjadi 60-80 % dengan menambahkan bekatul (Grossule *et al.*, 2020). Setelah kadar air yang diharapkan tercapai proses biokonversi dilakukan dengan menambahkan larva BSF. Proses konversi dapat berlangsung hingga 12 hari (Fauzi, 2018). Setelah proses selesai, dilakukan pemisahan larva dan residu. Pemisahan ini dilakukan di unit pemanenan. Hasil panen berupa kompos dan larva atau maggot (Fahmi, 2018). Diagram alir proses pengolahan dan kesetimbangan massa dapat dilihat pada Gambar 2.

Pra Proses Pengolahan

Limbah cair yang akan diolah terlebih dahulu dicampur dengan bekatul untuk menurunkan kadar air dan membentuk tekstur. Setelah kadar air tercapai, campuran tersebut dituang sejumlah 15 kg dalam wadah plastik (*larvero container*) berukuran 0,6 x 0,4 x 0,17 meter. *Larvero container* (Gambar 1) disusun dalam palet dan ditumpuk hingga 6-7 tumpukan. Diberikan jarak antar tumpukan dengan rangka besi untuk memberikan aliran udara pada *container*. Larva diberikan sebanyak 10.000 ekor untuk setiap *larvero container*. Dibutuhkan 10.000 larva untuk mengolah 15 kg bahan organik dalam waktu 12

hari. Bahan organik yang diolah adalah limbah dan bekatul. Jumlah bekatul yang ditambahkan adalah 30 % dari berat limbah. Jumlah limbah per harinya 750 kg, maka jumlah bekatul adalah 225 kg sehingga jumlah bahan organik yang diolah adalah 975 kg. Berdasarkan bahan baku yang diolah, dengan demikian diperlukan 650.000 larva per hari dengan bobot 650 gram. Bobot tersebut diabaikan sehingga massa total pada pengolahan limbah adalah diasumsikan 975 kg.

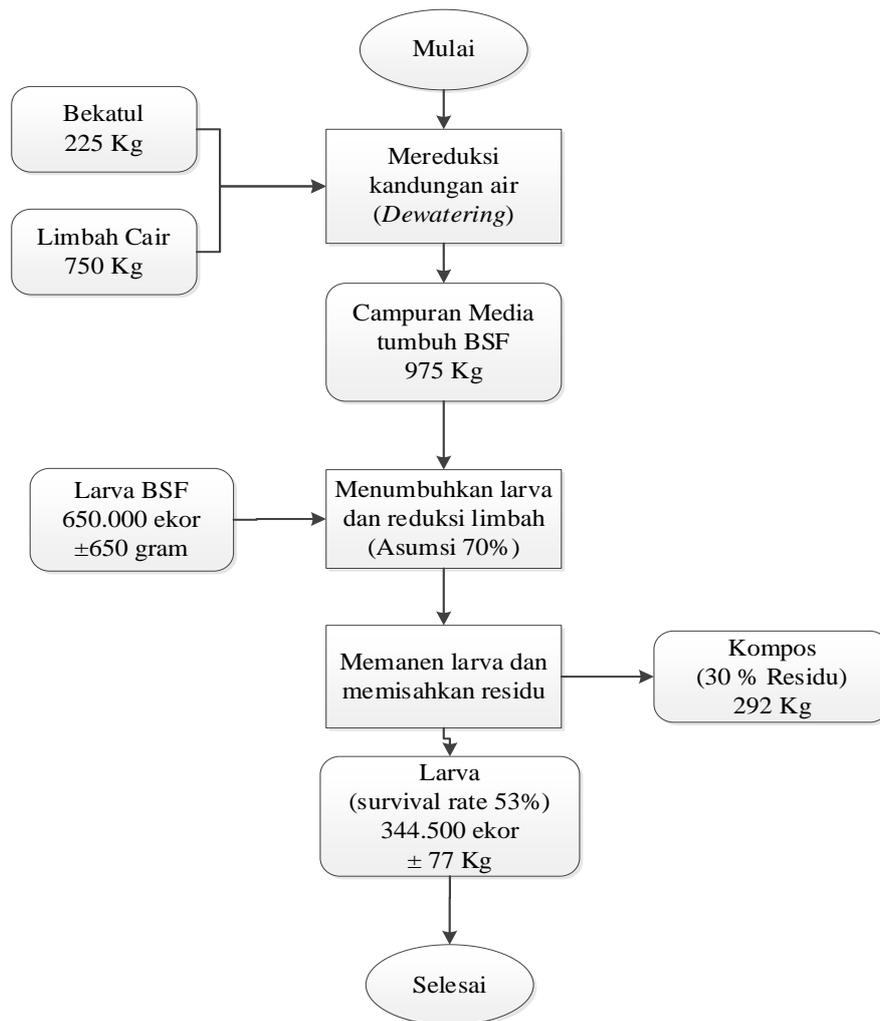


Gambar 1 Ilustrasi *larvero container* disusun di atas palet kayu

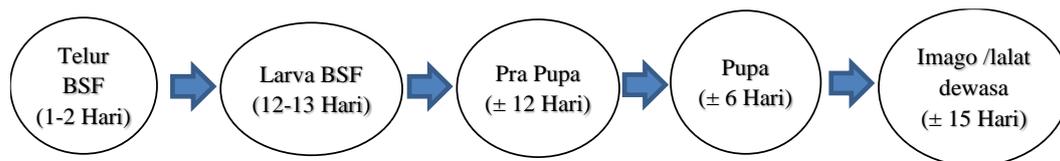
Proses konversi limbah

Container didiamkan dalam ruang pengolahan selama 12 hari hingga maggot dipanen. Konversi limbah atau reduksi limbah diukur berdasarkan jumlah pakan yang dikonsumsi oleh larva BSF dan jumlah larva yang dipanen (Roberts *et al.*, 2020). Pemanenan dilakukan dengan memisahkan larva (maggot) dengan residu pengolahan (kompos). Perubahan bobot larva dari sejak menetas hingga panen mencapai 4,5 gram/20 individu. Jumlah larva yang mampu bertahan hidup hingga akhir proses biokonversi secara agregat mencapai 53 % (Yuwono dan Mentari, 2018)

. Sehingga dapat diasumsikan dari 650.000 ekor larva yang ditanamkan pada awal proses, jumlah larva yang dihasilkan tersisa menjadi 344.500 ekor dengan total bobot larva yang dapat dipanen menjadi kurang lebih 77 kg. Kemampuan reduksi limbah oleh BSF diasumsikan 70 % (Diener *et al.*, 2011), sehingga kompos yang dihasilkan berkisar 30 % dari berat bahan yang diolah. Komposisi akhir dari proses biokonversi terdiri dari ± 292,5 kg kompos dan ± 77 kg maggot. Massa yang direduksi oleh larva merupakan bobot yang hilang.



Gambar 2 Diagram alir proses pengolahan limbah cair PT XYZ menggunakan larva BSF



Gambar 3 Siklus hidup *black soldier fly* (BSF)(Yuwono dan Mentari, 2018)

Fasilitas perkembangbiakan BSF juga perlu disediakan, selain unit pengolahan limbah. Unit perkembangbiakan merupakan fasilitas untuk mendapatkan pasokan larva BSF secara terus menerus. Fasilitas pada unit ini terdiri dari kandang kawin, penetasan telur, pengembangan larva, dan kandang gelap. Perubahan fase BSF selama perkembangbiakan berturut-turut ditunjukkan pada Gambar 3. Fase larva BSF berlangsung selama kurang lebih 12-13 hari *et al.*, 2017) atau 14-16 hari (Dortmans *et al.*, 2017).

Identifikasi kebutuhan Fasilitas *Fasilitas Kandang Kawin*

Kandang kawin (Gambar 4) merupakan tempat dipertemukannya lalat jantan dan betina untuk melakukan perkawinan. Lalat-lalat tersebut dipindahkan dari kandang gelap dengan menghubungkannya melalui lorong berongga. Saat pemindahan tersebut kandang kawin digantung pada bingkai kandang kawin yang memiliki roda untuk memudahkan mobilisasi. Lalat dengan sendirinya akan bergerak menuju tempat yang lebih terang, maka kandang kawin

ditempatkan pada tempat yang terpapar cahaya matahari langsung (Diener *et al.*, 2011). Selain itu perkawinan hanya dapat berlangsung pada suasana terang. Saat proses perkawinan kandang kawin digantung di atas meja kandang kawin yang kokoh. Lalat dibiarkan dalam kandang kawin selama beberapa hari untuk bertelur. Lalat betina akan meletakkan telurnya secara teratur di tempat teduh dan berongga (*eggies*).

Penetasan Telur

Tempat telur kemudian diletakkan di atas wadah plastik berisi makanan (*hatching container*) (Gambar 5). Tempat telur diposisikan agar ketika menetas larva akan jatuh ke makanan. Setelah 3 hari larva dipilah dan dihitung. Sebagian besar larva yang dihasilkan digunakan untuk pengolahan limbah, dan sisanya dijadikan lalat untuk bertelur menghasilkan larva baru. Larva yang digunakan untuk pengolahan dimasukkan dalam mangkuk plastik sebanyak 10.000 ekor dalam masing-masing mangkuk. Satu mangkuk larva cukup untuk mengolah 15 kg bahan organik (Yuwono dan Mentari, 2018).



Gambar 4 Ilustrasi kandang kawin berisi lalat dan tempat telur (Dortmans *et al.*, 2017)



Gambar 5 Ilustrasi telur di atas *hatching container* saat penetasan (Dortmans *et al.*, 2017)

Pengembangan larva

Sebanyak 2-5 % dari larva yang dihasilkan dikembangkan menjadi lalat untuk menghasilkan telur baru. Larva tersebut dibesarkan dalam *nursery container* (Gambar 6) yang diletakkan di dalam *transfer container*. *Nursery container* berisi nutrisi untuk perkembangan larva, berupa campuran pakan ayam, sabut kelapa dan air. Salah satu *nursery container* mampu menampung hingga 15.000 larva. Setelah 2,5 pekan larva siap menjadi pupa dan meninggalkan makanannya yang lembab menuju tempat yang kering. Larva akan merayap keluar *nursery container* dan jatuh ke *transfer container* yang berisi sabut kelapa kering.



Gambar 6 Ilustrasi *nursery container* di atas *transfer container* (Dortmans *et al.*, 2017).

Kandang gelap

Larva dalam *transfer container* dipanen (disaring dan dibersihkan) kemudian dipindahkn ke *pupation container* (Gambar 7) yang berisi bahan lembab seperti tanah (campuran 75 % kompos dan 25 % air). Larva dalam fase ini dapat disebut dengan prepupa. Prepupa akan mengubur dirinya dalam kompos sampai menjadi pupa dan bermetamorfosis menjadi lalat. Setelah 2-3 pekan lalat akan terbentuk. Lalat yang terbentuk akan langsung aktif saat pada kondisi terang. Oleh karena itu *pupation container* diletakkan dalam kandang gelap. *Pupation container* diletakkan bertumpuk menyilang untuk memudahkan mobilitas lalat saat dipindahkan ke kandang kawin. Lalat dalam kandang gelap akan tetap diam sampai terdapat cahaya. Proses perkembangbiakan BSF kembali berulang ke fasilitas kandang kawin.



Gambar 7 Pupation container dalam kandang gelap

Identifikasi Biaya

Biaya yang muncul terdiri dari biaya investasi, biaya tetap dan biaya variabel. Biaya investasi merupakan biaya pengadaan mesin dan prasarana yang dibutuhkan (Tabel 1).

Tabel 1 Jumlah biaya investasi per fasilitas

Investasi	Biaya (Rp)
• Perizinan	7.000.000
• Konstruksi Bangunan	650.000.000
• Penyambungan Listrik	3.507.500
• Pengadaan Kendaraan	190.000.000
• Perlengkapan Kantor	24.450.000
• Pengadaan Mesin (Mesin Pengaduk, Pompa, Hand Pallet, dan Mesin cuci)	15.700.000
• Peralatan Kandang Kawin	5.340.000
• Wadah (<i>eggies</i>) Penetasan Telur	4.280.000
• Perlengkapan Kandang Gelap	13.280.000
• Perlengkapan Pengolahan Limbah	107.500.000
• Perlengkapan Pemanenan	15.830.000
• Perlengkapan Laboratorium	14.000.000
TOTAL	1.050.887.500

Berdasarkan nilai usaha yang dijalankan proyek penanganan limbah organik cair dengan BSF ini masuk dalam golongan kecil. Berdasar Undang-Undang nomor 20 tahun 2008 simulasi pengajuan pemasangan listrik baru di situs PLN, diketahui biaya penyambungan listrik I-1/TR 3500 VA sebesar Rp 3.507.500 (Republik Indonesia, 2008a). Berdasarkan Peraturan Menteri ESDM nomor 28 tahun 2016, diketahui biaya pemakaian listrik golongan I-1/TR 3500VA adalah Rp 1.112 per kVAh (KEMENTERIAN ESDM RI 2016). Beberapa mesin dan peralatan yang diinvestasikan memiliki umur ekonomis yang lebih kecil dari pada umur proyek, sehingga dibutuhkan reinvestasi atau pengadaan ulang barang investasi tersebut. Umur ekonomis pada analisis ini didapatkan dengan memadankan umur ekonomis barang sejenis pada penelitian sebelumnya oleh Ankafia (2013). Reinvestasi dilakukan setiap 3 tahun sehingga proses reinvestasi terjadi pada tahun ke 4 dan ke 7. Biaya reinvestasi dilakukan terutama pada peralatan kandang dan peralatan pengolahan limbah dengan nominal Rp 76.080.000.

Biaya tetap usaha (Tabel 2) pengolahan limbah cair dengan BSF terdiri dari biaya tenaga kerja, listrik, pemeliharaan mesin, biaya pendukung, dan beban penyusutan. Penyusutan dihitung dengan menggunakan metode garis lurus dimana harga beli dibagi dengan umur ekonomis komponen investasi (Popong, 2013). Karyawan tetap merupakan tenaga kerja yang jumlahnya tidak tergantung pada jumlah produksi. Tenaga kerja yang dibutuhkan adalah satu orang manager, penyelia, dan administrator. Listrik digunakan untuk menjalankan mesin proses, kantor, serta kebutuhan penerangan. Biaya pemakaian listrik yang termasuk ke dalam biaya tetap adalah beban listrik yang digunakan untuk penerangan dan fasilitas kantor. Sedangkan beban listrik untuk kegiatan pengolahan digolongkan sebagai biaya variabel.

Tabel 2 Jumlah biaya tetap dalam satu tahun

Kriteria	Biaya (Rp)
Karyawan Tetap	251.600.000
Pemakaian Listrik	4.912.260
Bahan Pendukung	15.800.000
Bahan Bakar	8.606.250
Pemeliharaan	13.500.000
TOTAL	294.418.510

Biaya bahan bakar dihitung berdasarkan jarak operasional kendaraan mengitari tempat usaha untuk mengangkut bahan baku maupun produk. Diasumsikan kendaraan menempuh jarak 45 km per hari. Kebutuhan harian bahan bakar adalah 4,5 liter. Dalam satu tahun dibutuhkan 1.125 liter atau setara dengan Rp 8.606.250.

Biaya pemeliharaan diasumsikan tidak mengalami perubahan sepanjang umur usaha. Biaya perawatan ditetapkan sebesar Rp 10.000.000 per tahun untuk perawatan mesin dan bangunan, serta Rp 3.500.000 per tahun untuk pemeliharaan kendaraan. Pemeliharaan kendaraan diantaranya pergantian oli dan *service* rutin. Biaya pendukung merupakan biaya yang dikeluarkan untuk membeli bahan sanitasi, biaya bahan laboratorium, dan biaya bahan media di fasilitas perkebangbiakan.

Biaya variabel (Tabel 3) merupakan biaya yang berubah besarnya secara proporsional dengan jumlah produk yang dibuat. Pada proyek ini besarnya biaya variabel bergantung pada jumlah limbah cair yang diolah. Biaya variabel terdiri dari biaya pembelian bahan penolong dan bahan kemasan, biaya tenaga kerja langsung (upah operator) serta beban listrik alat produksi yang pemakaiannya dipengaruhi volume pengolahan. Bahan penolong berupa bekatul dibutuhkan sebanyak 30 % dari total massa limbah, sehingga kebutuhan bekatul per harinya adalah 225 kg. Massa bahan yang diolah adalah massa limbah

dan massa bekatul. Maggot akan dikemas dalam kemasan ukuran 1 kg dan kompos dalam ukuran 5 kg. Kebutuhan bahan kemasan 1 kg adalah 97 buah dan bahan kemasan 5 kg adalah 58 buah.

Penggunaan listrik yang tergolong biaya variabel adalah beban listrik alat pengaduk. Lama alat pengaduk beroperasi sesuai dengan banyak sedikitnya volume limbah yang diproses. Kebutuhan daya mesin pengaduk adalah 0,8 kVA dan diasumsikan beroperasi selama 2 jam untuk memproses 750 kg limbah. Pemakaian daya dalam sehari adalah 1,6 kVAh.

Proses pengolahan diasumsikan berjalan lima hari dalam sepekan dan dalam 50 pekan dalam setahun. Sehingga kebutuhan bahan penolong dan bahan kemasan dikalikan 5 hari dan 50 pekan untuk mendapatkan nilai satu tahun. Operator merupakan tenaga kerja harian yang dibayar per hari. Upah yang ditentukan per harinya berdasarkan upah minimal di Kabupaten Bogor dibagi jumlah maksimal hari kerja dalam sebulan. Besaran upah perbulan adalah Rp 4.100.000. Berdasarkan KEPMENAKERTRANS nomor 100 tahun 2004, jumlah maksimal hari kerja pegawai harian dalam sebulan adalah 20 hari. Sehingga upah hariannya sebesar Rp 205.000. Besarnya pajak sebagaimana tertuang dalam Undang-Undang nomor 36 tahun 2008 adalah 25 % (Republik Indonesia 2008). Berdasarkan identifikasi biaya yang dilakukan total Proyeksi biaya dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 3 Biaya variabel

Bahan	Jumlah per hari	Jumlah pertahun	Harga (Rp)	Total Harga per tahun (Rp)
Bekatul	225 kg	56.250 kg	3.000	168.750.000
Kemasan 1 kg	97 buah	24.250 buah	200	4.850.000
Kemasan 5 kg	58 buah	14.500 buah	1.000	14.500.000
Listrik pengaduk	1.6 kVA	400 kVA	1.112	444.800
Upah Operator	2 orang	500	205.000	102.500.000
TOTAL				291.044.800

Tabel 4 Proyeksi biaya selama umur proyek

Biaya	Tahun ke-	Nominal (Rp)
Investasi	1	1.050.887.500
Biaya Tetap dan Variabel	2-10	644.994.233
Biaya Reinvestasi	4 dan 7	76.080.000

Proyeksi Pendapatan

Manfaat yang diperoleh dari usaha pengolahan limbah dengan BSF menjadi pakan ternak dan pupuk berasal dari penjualan maggot, penjualan pupuk, serta nilai sisa dari barang investasi pada saat proyek berakhir. Maggot dan kompos yang dihasilkan per hari adalah 97 kg dan 292 kg, dalam satu tahun sebesar 24.250 kg dan 71.000 kg. Proyeksi pendapatan ditunjukkan pada Tabel 5. Nilai sisa (Tabel 6) merupakan nilai aset investasi pada akhir umur usaha. Nilai sisa harus diperhitungkan karena merupakan aset yang bernilai dan dianggap sebagai pemasukan di saat umur proyek telah berakhir.

Tabel 5 Proyeksi pendapatan maggot dan kompos per tahun

Produk	Jumlah (Kg)	Harga satuan (Rp)	Nilai penjualan (Rp)
Maggot	19.250	32.500	625.625.000
Kompos	71.000	2.000	142.000.000
Total Nilai Penjualan			767.625.000

Tabel 6 Nilai sisa per unit fasilitas

Unit	Nilai Sisa (Rp)
• Bangunan	503.750.000
• Kendaraan	104.500.000
• Mesin Pengaduk	7.060.000
• Peralatan Kandang Kawin	120.000
• Peralatan Kandang Gelap	2.040.000
• Peralatan Penetasan Telur	540.000
• Peralatan Pengolahan Limbah	35.100.000
• Peralatan Pemanenan	240.000
• Peralatan Laboratorium	5.000.000
TOTAL	658.350.000

Net benefit didapatkan dari pendapatan per tahun dikurangi total biaya dalam tahun tersebut. Menjelang akhir umur proyek, yaitu pada tahun ke-10 arus pemasukan mengalami peningkatan yang disebabkan oleh perolehan nilai sisa barang

investasi pada akhir umur usaha. NPV didapatkan dari total *net benefit* selama umur proyek yang didiskonto. NPV dihitung dengan menjumlahkan nilai *Net Present* pada tahun ke 0 hingga tahun ke 10. Perhitungan NPV berdasarkan persamaan (1) dilakukan pada aplikasi *Microsoft. Excel* dengan formula berikut hingga diketahui nilai NPV sebesar Rp 141.626.142 dengan net B/C rasio 1,15. Berdasarkan hasil analisis finansial didapatkan indikator kelayakan usaha seperti yang tercantum pada Tabel 7.

Hasil analisis kelayakan finansial menunjukkan bahwa NPV usaha pengolahan limbah organik menjadi pakan ternak dan pupuk lebih besar dari nol, yaitu Rp 272.791.300. Hal ini menunjukkan usaha yang akan dijalankan memberikan manfaat bersih sebesar Rp 272.791.300 selama umur usaha 5 tahun dengan tingkat *discount rate* 11,5 %. Dengan demikian berdasarkan kriteria NPV usaha ini layak untuk dijalankan

Tabel 7 Kriteria kelayakan finansial usaha pengolahan limbah cair dengan BSF

No	Kriteria Kelayakan	Nilai
1	<i>Net Present Value</i> (NPV)	Rp 141.626.142
2	<i>Net Benefit per Cost Ratio</i> (Net B/C)	1,15
3	<i>Internal Rate of Return</i> (IRR)	17,6 %
4	<i>Payback Period</i> (PP)	3,95 tahun

Berdasarkan Tabel 7, hasil analisis kriteria Net B/C yang diperoleh mencapai 1,15. Artinya setiap Rp 1,00 biaya yang dikeluarkan selama umur usaha mendatangkan manfaat sebesar Rp 1,15. Usaha ini dikatakan layak untuk dijalankan karena Net B/C yang dihasilkan lebih besar dari satu. Berdasarkan hasil analisis didapatkan nilai IRR yang lebih besar dari *discount rate* yang berlaku (IRR > 11,5 %) yaitu sebesar 17,6 %. Hal ini menunjukkan tingkat pengembalian internal yang diperoleh dari kegiatan usaha pengolahan limbah organik dengan BSF lebih besar dibandingkan dengan tingkat diskonto yang berlaku. Dengan demikian usaha ini dikatakan layak untuk dilaksanakan berdasarkan kriteria IRR. Hasil analisis kriteria investasi *Payback Period* sebesar 3,95 tahun. Hal ini berarti jangka

waktu pengembalian sejumlah nilai investasi yang telah dikeluarkan selama 3,95 tahun. Waktu yang diperlukan untuk mengembalikan nilai investasi tersebut lebih pendek dari umur usaha ($PP < 10$ tahun). Dengan demikian berdasarkan kriteria *payback period* usaha ini layak untuk dijalankan.

Hasil analisis tersebut merupakan proyeksi pada kondisi normal sesuai dengan yang diasumsikan. Ketidakpastian pada komponen biaya dan manfaat menyebabkan perlunya analisis sensitivitas. Analisa sensitivitas dilakukan dengan mengubah nilai suatu komponen untuk kemudian melihat bagaimana pengaruhnya terhadap nilai kelayakan. Analisis sensitivitas dilakukan terhadap perubahan pendapatan dan perubahan harga bahan baku bekatul. Penurunan pendapatan sebesar 8,04 % menghasilkan nilai NPV mendekati nol, IRR sama dengan suku bunga dan net B/C sama dengan satu. Hal ini menunjukkan jika harga mengalami penurunan sebesar 8,04 % maka usaha pengolahan limbah dengan BSF tetap layak untuk dijalankan. Namun jika penurunan harga jual lebih besar dari 8,04 % maka usaha tersebut tidak layak dijalankan. Sementara itu, Analisis sensitivitas terhadap kenaikan harga bekatul menunjukkan bahwa dengan peningkatan harga bekatul hingga 59 % didapatkan nilai NPV yang mendekati nol, IRR sama dengan suku bunga dan net B/C sama dengan satu. Namun apabila kenaikan harga bekatul lebih tinggi dari 59 % atau harga bekatul lebih dari Rp 4.770 per kg maka usaha pengolahan limbah dengan BSF tidak layak dijalankan. Berdasarkan kriteria investasi, pengolahan limbah organik dengan BSF dikatakan layak untuk dijalankan. Artinya usaha ini diproyeksikan akan mendapatkan keuntungan secara finansial jika asumsi yang digunakan terpenuhi. Disamping itu, usaha pengolahan limbah dengan BSF turut berperan dalam penanggulangan pencemaran lingkungan. Limbah yang awalnya berbahaya diubah menjadi produk yang bernilai ekonomis. Selain itu pengolahan ini memanfaatkan serangga yang dapat dibudidayakan sehingga berpotensi sebagai proses pengolahan limbah yang berkelanjutan.

KESIMPULAN

Hasil analisis aspek finansial menunjukkan bahwa usaha pengolahan limbah cair dengan BSF layak dijalankan. Nilai analisis finansial adalah: NPV Rp 141.626.142; Net B/C 1,15; IRR 17,6 % dan *Payback Period* 3,95 tahun. Secara finansial usaha pengolahan limbah organik dengan BSF ini

dikatakan layak operasi. Namun demikian, perlu dilakukan kajian lebih lanjut mengenai aspek-aspek analisis kelayakan usaha yang lain seperti aspek hukum, aspek lingkungan, dan aspek pasar.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada PT XYZ yang telah bersedia untuk menjadi mitra dalam studi kasus

DAFTAR PUSTAKA

- Andrianieny, R.I.A., Yuniwati, D., Rahayu, Y.S.R.I. 2015. Pemanfaatan Limbah Susu Cair dan Daun Paitan (*Tithonia diversifolia*) Menjadi Pupuk Organik Cair untuk Meningkatkan Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Kailan. *Primodia*, 11(2), 1–17.
- Ankafia, A.B. 2013. Analisis Kelayakan Usaha Industri Rumah Tangga Bawang Goreng di Kabupaten Kuningan, Jawa Barat. Institut Pertanian Bogor.
- Bank Mandiri. 2020. Suku Bunga Dasar. Retrieved from bankmandiri.co.id website: https://id.wikipedia.org/wiki/Bank_Mandiri
- Diener, S., Studt Solano, N.M., Roa Gutiérrez, F., Zurbrügg, C., Tockner, K. 2011. Biological treatment of municipal organic waste using black soldier fly larvae. *Waste and Biomass Valorization*, 2(4), 357–363. <https://doi.org/10.1007/s12649-011-9079-1>
- Dortmans, B., Diener, S., Verstappen, B., Zurbrügg, C. 2017. Black Soldier Fly Biowaste Processing. In Black soldier fly biowaste processing. A step-by step guide. Swiss Agency for Development and Cooperation (SDC) and the Swiss State Secretariat for Economic Affairs (SECO).
- Elsaprike, J. 2004. Desain Rotating Biological Contactors Media Ijuk. Universitas Islam Indonesia.
- Fahmi, M.R. 2018. Buku Magot Pakan Ikan Protein Tinggi dan Biomesin Pengolah Sampah Organik. Jakarta Timur: Penebar Swadaya.
- Grossule, V., Vanin, S., Lavagnolo, M.C. 2020. Potential treatment of leachate by *Hermetia illucens* (Diptera, Stratyomyidae) larvae: Performance under different feeding conditions. *Waste Management and Research*, 38(5), 537–545. <https://doi.org/10.1177/0734242X19894625>

- Kahar, A., Busyairi, M., Sariyadi, S., Hermanto, A., Ristanti, A. 2020. Bioconversion of Municipal Organic Waste Using Black Soldier Fly Larvae Into Compost and Liquid Organic Fertilizer. *Konversi*, 9(2). <https://doi.org/10.20527/k.v9i2.9176>
- KEMENTERIAN ESDM RI. *Peraturan Menteri ESDM Nomor 28 Tahun 2016 tentang Tarif Tenaga Listrik yang Disediakan oleh PT PLN (Persero)*. , Pub. L. No. 28 (2016).
- Monita, L., Sutjahjo, S.H., Amin, A.A., Fahmi, M.R. 2017. Pengolahan Sampah Organik Perkotaan Menggunakan Larva Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*). *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam Dan Lingkungan (Journal of Natural Resources and Environmental Management)*, 7(3), 227–234. <https://doi.org/10.29244/jpsl.7.3.227-234>
- Popong, L.N. 2013. *Analisis Kelayakan Usaha Paprika Hidroponik*. Institut Pertanian Bogor.
- Republik Indonesia. *UU Nomor 20 tahun 2008 tentang Usaha Mikro*. , Pub. L. No. 20 (2008).
- Republik Indonesia. *UU Nomor 36 Tahun 2008 Pasal 18 tentang Pajak Penghasilan*. , Pub. L. No. 36 (2008).
- Roberts, A.D., Lobao, M., Dom, M. 2020. *Bioconversion of Fermented Kitchen Waste or Sweet Potato Roots by Black Soldier Fly (Hermetia illucens) Larvae in an Open Shed Environment Feeding value of sweet potato and cassava to chicken and growing pigs View project*. 22(February), 1–9. Retrieved from <https://www.researchgate.net/publication/339445865>
- Rodiyah, N., Okta, H.E., Andika, Y.H.M., Widyawati, K.E., Puspita, R.A., Zurinani, S. 2019. Instable (Integrated Stock Raising Double Solution) Application Intergrated Farming System Zero Waste by Black Soldier Fly Larvae Cultivation, Organic Composter Process and Feed Processing for Islamic boarding school Raudhatul Madinah Batu. *Journal of Innovation and Applied Technology*, 5(1), 824–832. <https://doi.org/10.21776/ub.jiat.2019.005.01.3>
- Roychoudhury, A., Kumar, A.N., Krishna. R.T., Shankar, N.R., Kumar, D.S., Reddy, G.M. 2018. Black Soldier Fly Larvae, a Viable Opportunity for Entrepreneurship. *Acta Scientific Agriculture*, 2(9), 11–20. Retrieved from <https://actascientific.com/ASAG/pdf/ASA-G-02-0166.pdf>
- Wagini, R., Karyono, Agus, S.B. 2002. Pengolahan Limbah Cair Industri Susu (Liquid Waste Management in Milk Factory). *Jurnal Manusia Dan Lingkungan*, Vol. 9, pp. 23–31. Retrieved from <https://jurnal.ugm.ac.id/JML/article/view/18585/11878>
- Yuwono, S.A., Mentari, D.P. 2018. *Black Soldier Fly (BSF) Penggunaan Larva (Maggot)*. SEAMEO BIOTROP.