

SKRIPSI

LIFE CYCLE ASSESSMENT ANALYSIS UNTUK
PENINGKATAN EFISIENSI PROSES *ROASTING* DAN *GRINDING*
KOPI NGROPOH KRANGGAN KABUPATEN TEMANGGUNG



DENNY FEBRI ALFIAN
NPM . 17.0501.0033

PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI S1
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAGELANG
2024

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Permasalahan

Indonesia merupakan penghasil kopi ke 4 terbesar didunia setelah Brasil, Vietnam dan Colombia (Riris, 2019). Di Indonesia perkembangan kopi cukup signifikan dengan meningkatnya produksi kopi dari 0,8 kg per kapita menjadi 1,3 kg per kapita. Meningkatnya perkembangan kopi di Dunia juga mempengaruhi perkembangan industri kopi di Indonesia. Peningkatan industri kopi di Indonesia mengalami berkembang industri kopi hilir yang semakin meningkat yang terlihat dari Industri pengolahan kopi, kedai kopi, *coffe shop* dan kafe. Dari data Direktorat Jendral perkebunan, diketahui bahwa pada tahun 2016 sekitar 1.027.889 hektar pertanian kopi mampu menghasilkan 639.305 ton kopi / tahun. Ekspor bulanan dari Indonesia dilaporkan meningkat dari 400.000 tas menjadi 1.240.000 tas (1 tas = 60 kg) pada tahun 2016 (Alexander, 2019).

Kopi Ngropoh Kranggan Temanggung merupakan salah satu unit usaha gabungan Badan Usaha Milik Desa (BUMDES), 5 desa yaitu Ngropoh, Purwosari, Pendowo, Kramat dan Sanggrahan. Kopi Ngropoh lebih menyediakan jasa yaitu *roasting* dan *grinding* untuk masyarakat luas. Pengolahan kopi Ngropoh menggunakan alat dan mesin yang yaitu mesin *pulper*, *roasting* dan *grinding* kopi. Jasa Pengolahan kopi Ngropoh beroperasi selama 4 tahun dengan jumlah customer yang semakin meningkat. Namun disisi yang lain proses pengolahan kopi masih tergantung pada pemanfaatan *roasting* dan *grinding* berdasarkan kebutuhan konsumen. Proses Roasting dan Grinding belum disesuaikan dengan kapasitas dan biaya mesin. Sebagai contoh kapasitas mesin *roasting* yang 3 kg menggunakan energi listrik sebesar 0,572 Kwh sekali *roasting* jadi sering digunakan untuk mengolah kopi 1 – 2 kg yang berarti membuang energi listrik sebesar 0,19 Kwh sampai 0,286 Kwh mengakibatkan penggunaan energi yang sia – sia. Sehingga mengakibatkan ketidak efisiensi penggunaan energi. Selain itu harga yang ditetapkan untuk proses produksi kopi sama per kg dan tidak dibedakan menurut kapasitas mesin. Proses pengolahan

kopi juga menimbulkan sampah yang sangat banyak untuk dimanfaatkan dan didaur ulang sebagai sumber tambahan pendapatan..

Sesuai dengan tujuan pengolahan kopi yaitu memaksimalkan lingkungan yang sehat dan keuntungan dari jasa pengolahan kopi. Dalam hal ini aktivitas pengolahan kopi yang menyebabkan emisi dan untuk mencari harga yang sesuai dengan biaya operasional, energi yang dipakai dan biaya perawatan.

Berkaitan dengan hal tersebut maka penelitian ini bertujuan untuk pengolahan kopi yaitu memaksimalkan lingkungan yang sehat dan keuntungan dari jasa pengolahan kopi. Dalam hal ini aktivitas pengolahan kopi yang menyebabkan emisi dan untuk mencari harga yang sesuai dengan biaya operasional, energi yang dipakai dan biaya perawatan yang diinginkan tempat pengolahan kopi. Maka penelitian ini melakukan penilaian siklus hidup (*Life Cycle Assesment*) proses *Roasting* dan *Grinding* untuk meningkatkan efisiensi produksi kopi dan meminimalkan penggunaan energi. Selanjutnya *Life Cycle Cost* analisis dapat digunakan untuk menentukan biaya yang tepat untuk proses *roasting* dan *grinding*.

B. Perumusan Masalah

Berdasarkan permasalahan di atas, rumusan masalah adalah :

1. Bagaimana efisiensi proses *roasting* dan *grinding* pada saat ini.
2. Bagaimana *life cycle assessment* proses *roasting* dan *grinding* untuk peningkatan efisiensi pengolahan kopi Ngropoh.
3. Bagaimana *Life Cycle Cost* proses *roasting* dan *grinding* untuk peningkatan efisiensi Pengolahan Kopi Ngropoh.

C. Tujuan Penelitian

1. Menganalisis efisiensi proses *roasting* dan *grinding* pada saat ini.
2. Menganalisis *Life Cycle Assesment* proses *roasting* dan *grinding* untuk peningkatan efisiensi Pengolahan Kopi Ngropoh.
3. Menganalisis *Life Cycle Cost* proses *roasting* dan *grinding* untuk peningkatan efisiensi Pengolahan Kopi Ngropoh.

D. Manfaat Penelitian

1. Hasil analisis *Life Cycle Assesment* dan Life Cycle Cost proses *roasting* dan *grinding* diharapkan dapat mamangkas utilitas penggunaan mesin.
2. Hasil analisis juga dapat digunakan untuk mengoptimalkan penggunaan energi dan meminimalkan sampah dari pengolahan kopi.
3. Hasil analisis biaya dapat digunakan sebagai acuan untuk peningkatan pendapatan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Penelitian Relevan

Untuk mencapai tujuan yang dimaksud, penelitian ini merujuk pada beberapa penelitian yang relevan, sebagai dasar pengembangan penelitian.

1. Penelitian yang dilakukan oleh Nisa (2015) dengan judul Penentuan Tingkat Eko-efisiensi Proses Produksi Biji Kakao Menggunakan Life Cycle Assessment Pada Unit Produksi di Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia. Penelitian ini mengangkat masalah keterbatasan dalam hal teknologi, kualitas bahan baku, ketersediaan alat dan keterampilan pekerja, menyebabkan terjadinya limbah dalam jumlah tertentu seringkali tidak dapat dielakkan sehingga diperlukan melakukan eko-efisiensi produk agar limbah yang dihasilkan lebih sedikit. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah Life Cycle Assesment (LCA). Tujuan dalam penelitian ini adalah menentukan eco-costs dan tingkat eko-efisiensi produk biji kakao kering serta memberikan rekomendasi dalam upaya meningkatkan nilai eko-efisiensi. Pendekatan yang digunakan adalah deskriptif kuantitatif untuk mengkaji aspek lingkungan. Data kebutuhan bahan baku, energi, harga jual produk dan biaya produksi digunakan untuk menentukan tingkat eko-efisiensi melalui tahapan diantaranya adalah analisis Life Cycle Assessment (LCA) dengan menggunakan metode Eco-Costs 2012 dalam software OpenLCA sehingga didapatkan nilai eco-costs yang digunakan untuk perhitungan Eco-efficiency Index (EEI), dilanjutkan dengan perhitungan Eco cost Value Ratio (EVR) menggunakan nilai Net value Product untuk menghitung nilai Eco-efficiency Ratio (EER). Nilai eco-costs dari proses produksi biji kakao setelah dilakukan pengomposan sebesar Rp. 610,133.00 dan sebelum dilakukan proses pengomposan sebesar Rp. 459,841.00. Eko-efisiensi dari produk biji kakao meningkat dari sebelum dilakukan pengomposan sebesar 75.9% menjadi 76.2%. Peningkatan eko-efisiensi diperoleh dari keuntungan penjualan pupuk kompos

2. Penelitian yang dilakukan oleh Adiwinata (2021) dengan judul Analisis Daur Hidup (Life Cycle Assesment) Pengolahan Kopi bubuk Robusta Basah di Industri Kecil Menengah (IKM) Beloe Klasik Lampung. Penelitian ini mengangkat masalah menganalisis kemungkinan strategi penerapan produksi bersih dan mengevaluasi dampak lingkungan yang ditimbulkan. Metode yang digunakan *Life Cycle Asessment* (LCA). Sampai saat ini IKM kopi dengan kapasitas bahan baku 1000 kg menghasilkan 500 kg limbah padat dan belum ada penelitian yang membahas analisis produksi bersih dan penilaian daur ulang terhadap dampak yang ditimbulkan terhadap lingkungan dari proses pengolahan kopi sedangkan dampak lingkungan dari proses pengolahan kopi dapat dihitung dengan metode LCA. Penilaian daur hidup adalah metode yang digunakan untuk menalisi dan mengukur siklus hidup suatu proses dari penerimaan bahan baku sampai menjadi produk, terdiri dari empat tahapan yaitu penetapan Batasan, analisis ketersediaan, perhitungan dampak dan interprerasi hasil. Tujuan produksi bersih adalah menghasilkan produk berkelanjutan dan tidak berbahaya. Penggunaan energi yang sesuai dan alternatif penerapan produksi bersih mampu meminimalisir emisi. Penentuan opsi produksi bersih akan diterapkan melalui analisis aspek teknis, lingkungan, dan finansial yang sesuai dengan kriteria serta kesanggupan dari pemilik industri dari hasil diskusi. Hasil penilaian daur hidup proses produksi kopi robusta secara kering menunjukkan bahwa pengolahan kopi 1000 kg buah kopi memerlukan energi sebesar 869,92 MJ dan menghasilkan GRK sebesar 95,58 kg CO₂-eq/ ton buah kopi atau 0,42 kg CO₂-eq/ kg bubuk setara dengan 2.389 kg CO₂-eq/ bulan dan 28.674 kg CO₂-eq/ tahun.
3. Penelitian yang dilakukan oleh Khairona (2019) dengan judul Penilaian daur hidup produk kopi robusta organik pada agroindustri kopi Klungkung. Pada penelitian ini mengangkat masalah Pengolahan kopi secara kering menghasilkan limbah yang dapat mencemari lingkungan, salah satunya yaitu limbah padat yaitu limbah Kulit kopi dibuang begitu saja tanpa adanya penanganan untuk mengurangi limbah kulit kopi, kulit kopi yang dibuang tersebut selanjutnya dibakar yang menghasilkan asap dan mencemari

lingkungan sehingga meningkatkan paparan gas rumah kaca (GRK) pada atmosfer. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk setiap proses daur hidup produk kopi robusta organik pada Agroindustri Kopi Klungkung terdiri dari efek gas rumah kaca sebesar 21,2768 kgCO₂-eq yang masih tergolong tinggi. Dampak lingkungan terbesar dihasilkan dari proses penyangraian yang menggunakan energi listrik dan juga bahan bakar berupa gas LPG, yaitu sebesar 14,5198 CO₂-eq. Rekomendasi alternatif perbaikan proses produksi untuk mengurangi dampak lingkungan pada Agroindustri Kopi Klungkung berupa pemanfaatan limbah padat kopi kopong yang diolah kembali menjadi kopi “asalan”, selain itu kulit tanduk kopi sebagai campuran pakan ternak dan briket sebagai bahan bakar alternatif pengganti LPG.

4. Penelitian yang dilakukan oleh Aisya (2018) Penentuan Optimasi Sistem Perawatan Pada Mesin Casting Line 37 Dengan Menggunakan Metode Life Cycle Cost (LCC) di PT XYZ. Pada penelitian ini mengangkat masalah section castin memiliki 52 mesin casting setiap line terdiri dari 1 mesin casting, mesin tersebut bekerja 24 jam dalam 5 hari artinya mesin tersebut rentan terhadap breakdown dan downtime tertinggi terjadi pada line 37 yaitu 501 menit dan frekuensi 10 kali kerusakan. Tujuan dari penelitian ini adalah bahwa target belum tercapai 100% sehingga perusahaan perlu melakukan optimasi terhadap mesin Casting line 37, salah satunya perlu mengetahui umur mesin optimal dan jumlah maintenance crew optimal. Metode yang digunakan yaitu *Life Cycle Cost* yang terdapat dua variable yaitu Acquisition cost dan Sustaining cost. Hasil dari penelitian ini adalah perhitungan dan analisis serta pembahasan yang dilakukan maka didapatkan total life cycle cost untuk mesin casting line 37 di PT XYZ dengan menggunakan metode Life Cycle Cost (LCC) yaitu sebesar Rp 456.039.287,25 yang merupakan total terendah. Total life cycle cost tersebut menunjukkan usia optimal penggunaan mesin casting line 37 yaitu selama 7 tahun dengan jumlah maintenance crew sebanyak 1 orang per shift.

Berdasarkan penelitian yang sudah ada, penelitian ini menggabungkan analisis yaitu analisis *Life Cycle Assesment* dan analisis *Life Cycle Cost* untuk

menjadi penelitian yang efisien, sehingga pengolahan kopi bisa menentukan harga dan mengetahui dampak emisi yang tercipta selama proses produksi.

B. Proses Jasa Pengolahan Kopi

Proses pengolahan kopi harus langsung diproses dan waktu penyimpanan paling lama adalah 24 jam. Kopi yang tidak diolah dalam kurun waktu 24 jam akan mengalami fermentasi dan proses kimia lainnya yang akan menurunkan mutu dari kopi tersebut (Towaha, 2018). Dalam proses jasa pengolahan kopi pelanggan datang membawa kopi yang nanti di timbang dengan berat berbeda – beda mulai dari 1 kg sampai 10 kg. kemudian kopi proses dari mesin Pulper yang mengupas kulit ke kopi menjadi biji kopi kemudian kopi dibawa ke mesin roasting dan terakhir kopi masuk kedalam mesin penggilingan untuk menjadi kopi bubuk baru customer datang untuk mengambil kopi. Salah satu kekurangan dari proses ini biji kopi tidak mengalami proses perendaman jadi proses sortir tidak ada (Afriliana, 2018).

Berikut proses jasa pengolahan kopi :

1. Penyangraian (roasting)

Penyangraian bertujuan untuk pembentukan aroma dan cita rasa kopi dengan perlakuan panas dan kunci dari produksi kopi. Penyangraian bisa menggunakan mesin roasting. Adapun cara penyangraian dengan mesin penyangrai kopi berbahan bakar dasar LPG dengan pengaturan suhu yang ditentukan. Sebelum kopi dimasukan mesin harus dipanaskan sampai suhu 150° baru kopi dapat dimasukan kedalam mesin. Didalam mesin memakan waktu 30 - 40 menit hingga kopi matang. Kisaran suhu sangrai untuk tingkat kematangan adalah :

1) Tingkat kematangan *Medium*

Dengan suhu 155° warna kecoklatan dan mempunyai cita rasa gurih (tidak terlalu pahit).

2) Tingkat kematangan *Medium to Dark*

Dengan suhu 175° warna semu hitam dengan cita rasa pahit.

3) Tingkat kematangan *Dark*

Dengan suhu 250° warna hitam dengan cita rasa pahit sekali.

2. Pendinginan

Pendinginan bertujuan untuk mendinginkan kopi yang dari proses penyangraian. Selama proses pendinginan kopi harus diaduk agar tingkat kematangan kopi tidak berubah. Pendinginan kopi membutuhkan waktu kurang lebih 10 menit sebelum masuk ke proses penggilingan.

3. Penggilingan

Proses penggilingan kopi bertujuan untuk mempermudah dalam mengkonsumsi kopi, karena dalam proses ini akan dihasilkan kopi dalam bentuk bubuk. Kapasitas mesin penggilingan adalah maksimal 3 kg. energi yang dipakai adalah bensin dengan perbandingan 1 liter bensin dapat menggiling 10 kg kopi.

C. Efisiensi

Efisiensi merupakan suatu ukuran dalam membandingkan penggunaan masukan (input) dan keluaran (output) yang direncanakan dengan penggunaan masukan dan keluaran yang sebenarnya terlaksana. Apabila masukan atau keluaran yang sebenarnya digunakan semakin besar peggematannya, maka tingkat efisiensi semakin tinggi, tetapi semakin kecil yang dapat dihemat, sehingga semakin rendah tingkat efisiensi. Efisiensi yaitu rasio antara output dari proses produksi dan input dari sumber daya yang digunakan dalam proses produksi (Indrayani, 2012), karena itu efisiensi dapat dirumuskan dengan :

$$Efisiensi = \frac{ouput}{input} \times 100\% \dots \dots \dots (1)$$

Output adalah hasil yang diharapkan oleh konsumen dari pengolahan input, sesuai jumlah, jenis, dan waktu yang dibutuhkan (Indrayani, 2012). Output dihitung dengan berbagai satuan seperti tenaga kerja dihitung dengan jam kerja, material dihitung dengan satuan kilogram, biaya dihitung dengan satuan mata uang. mesin dihitung dengan satuan jam kerja mesin produktif dan system dengan satuan cara kerja.

Sedangkan input adalah sumber daya yang digunakan dalam proses produksi (Indrayani, 2012). Input terdiri dari :

1. Tenaga kerja yang mencakup jumlah, tingkat kemampuan, kemauan dan sikap kerja.

2. Material terdiri dari bahan mentah atau bahan baku.
3. Mesin terdiri dari peralatan, mesin, alat bantu, dan teknologi.
4. Biaya yaitu dana atau modal untuk membayar dan mengadakan tenaga kerja, material dan mesin.
5. System yaitu cara kerja untuk mengerjakan proses produksi dalam standar kerja.

D. Life Cycle Assesment

Life cycle assessment (LCA) merupakan suatu metode atau alat yang digunakan untuk menganalisis dampak lingkungan yang terjadi akibat berlangsungnya proses pembuatan suatu produk (Wahyudi, 2017).

Kelebihan dari LCA adalah sifatnya yang mampu menganalisis dampak lingkungan yang potensial terjadi pada proses – proses yang terkait dalam daur hidup suatu produk. Dengan LCA dapat diketahui sumber daya yang digunakan (*input*) suatu proses dan material – material yang dihasilkan (*output*) suatu proses. Dampak serta aliran massa maupun energi dalam kajian LCA dikuantifikasi secara detail dengan batasan yang sudah ditetapkan

Nilai penting dalam LCA adalah untuk mengambil keputusan yang lebih baik tentang pemilihan produk dan system produksi untuk mengidentifikasi dampak lingkungan yang terjadi dan tahap – tahap daur hidup produk tersebut, serta memberikan Langkah – Langkah untuk perbaikan yang bagus bagi lingkungan. Biasanya pihak yang menggunakan perbaikan LCA antara lain produsen dan perancangan produk (pabrik), ahli keuangan (akuntan, pihak asuransi, pemegang saham. Lembaga perlindungan konsumen, LSM lingkungan, pembuat kebijakan atau pemerintah (Aziz, 2020).

Konsep LCA didasarkan pada suatu sistem industri akan selalu berkaitan dengan dampak lingkungan tempat industri itu berada. Sedangkan LCA secara umum digunakan untuk mengukur suatu dampak lingkungan yang disebabkan oleh raw material kemudian proses produksi dan penggunaan, berakhir pada limbah atau sampah yang didaur ulang. Produser dari *Life Cycle Assesment* LCA merupakan bagian dari ISO 14000 environmental management standart dalam ISO 14040:2006 dan 14044:2006. ISO 14044 menggantikan versi sebelumnya yaitu ISO 14041 sampai ISO 14043.

E. Tahapan Life Cycle Assesment

Proses pengolahan kopi secara kering adalah yang paling tua dan terlihat paling sederhana. Dalam proses ini kopi yang baru saja dipetik langsung dijemur dengan kadar air 11 – 12 %. Setelah kopi kering, buah kopi di kupas dan digiling sampai menjadi beras kopi. Proses ini akan lebih optimal bila di daerah yang memiliki paparan sinar matahari yang konsisten dan cukup. Waktu yang diperlukan dalam proses pengeringan ini 28 – 29 hari. Lebih dari waktu tersebut kopi akan mengalami fermentasi yang mempengaruhi rasa dari kopi tersebut. Salah satu kekurangan dari proses ini biji kopi tidak mengalami proses perendaman jadi proses sortir tidak ada (Afriliana, 2018).

Berikut proses pengolahan kopi secara kering (*Natural*)

1. Penyangraian (roasting)

Penyangraian bertujuan untuk pembentukan aroma dan cita rasa kopi dengan perlakuan panas dan kunci dari produksi kopi. Penyangraian bisa menggunakan cara manual dengan wajan atau bisa menggunakan mesin. Adapun cara penyangraian :

- a. Wajan dipanaskan kemudian kopi dimasukkan dan kopi selalu diaduk agar panasnya dapat merata serta warnanya seragam. Bila warna kopi sudah hitam kecoklatan dan mulai pecah kopi diangkat dan didinginkan ditempat terbuka.
- b. Dengan mesin penyangrai kopi berbahan bakar dasar LPG dengan pengaturan suhu yang ditentukan. Sebelum kopi dimasukkan mesin harus dipanaskan sampai suhu 150° baru kopi dapat dimasukkan kedalam mesin. Didalam mesin memakan waktu 30 - 40 menit hingga kopi matang. Kisaran suhu sangrai untuk tingkat kematangan adalah :
 - 1) Tingkat kematangan *Medium* dengan suhu 155° warna kecoklatan dan mempunyai cita rasa gurih (tidak terlalu pahit).
 - 2) Tingkat kematangan *Medium to Dark* dengan suhu 175° warna semu hitam dengan cita rasa pahit.
 - 3) Tingkat kematangan *Dark* dengan suhu 250° warna hitam dengan cita rasa pahit sekali.

2. Pendinginan

Pendinginan bertujuan untuk mendinginkan kopi yang dari proses penyangraian. Selama proses pendinginan kopi harus diaduk menggunakan blower agar tingkat kematangan kopi tidak berubah.

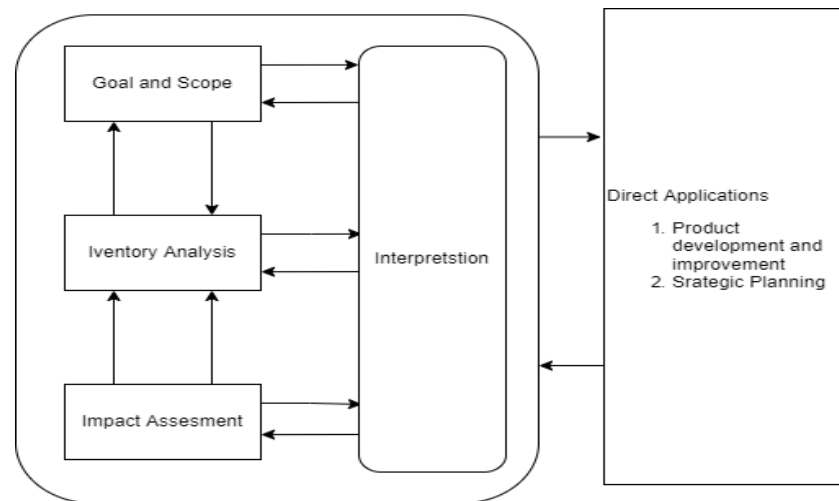
3. Penggilingan

Proses penggilingan kopi bertujuan untuk mempermudah dalam mengkonsumsi kopi, karena dalam proses ini akan dihasilkan kopi dalam bentuk bubuk.

4. Pengemasan

Pengemasan bertujuan untuk menjaga aroma dan citarasa kopi bubuk, karena bila dibiarkan selama satu atau dua minggu aroma dan citarasa kopi akan berubah secara signifikan. Salah satu faktor yang mempengaruhi aroma dan citarasa kopi didalam kemasan adalah suhu ruangan.

Tahapan dalam *Life Cycle Assesment* meliputi definisi tujuan dan ruang lingkup, analisis inventori, penilaian dampak, dan penilaian improve (Lolo, 2021). Tahapan LCA dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2. 1 Tahapan Life Cycle Assesment

1. Definisi tujuan dan ruang lingkup (Goal and Scope)

Tahap pertama dari *Life Cycle Assesment* adalah mambantu konsisten dari penelitian LCA. Dalam fase ini untuk menentukan sebuah rencana kerja dari keseluruhan life cycle assessment. Fase ini terdiri dari tiga tahap yaitu

tahap pendefinisian tujuan, tahap pendefinisian lingkup, dan tahap pendefinisian fungsi, unit fungsional, alternatif, dan aliran referensi (Lolo, 2021).

Tahap pendefinisian tujuan terdiri atas perencanaan dan penyesuaian tujuan dari studi LCA, penjelasan tujuan dari studi dan penentuan penggunaan hasil oleh inisiator, pemegang saham, praktisi, serta penentuan target dari hasil studi (Lolo, 2021).

Tahap ini tujuannya harus menunjukkan alasan dilakukannya penelitian dan untuk apa penelitian tersebut. mendefinisikan ruang lingkup studi riset dari masing – masing bagian batasan studi (Harjanto, 2014).

Setelah tujuan studi LCA. Langkah berikutnya adalah penentuan ruang lingkup. Ruang lingkup dalam proses siklus hidup meliputi proses “*cradle-to-grave*” atau diri “*cradle-to-cradle*”. Maksud dari “*cradle-to-grave*” adalah studi LCA dilakukan dengan menganalisis siklus hidup mulai dari ekstraksi bahan, proses pembuatan, distribusi, penggunaan produk dan akhir hidup produk. Sedangkan “*cradle-to-cradle*” yaitu menganalisis siklus hidup produk mati ekstraksi bahan baku, proses pembuatan, penggunaan produk dan kemudian produk di *recycle* untuk digunakan kembali (Parameswari, 2019).

2. Analisis Inventori (*Inventory Analysis*)

Tahap kedua *Life Cycle inventory* adalah merupakan kuantifikasi kebutuhan energi dan material, emisi udara, limbah pada dan semua keluaran yang dibuang ke lingkungan selama daur hidup produk (Arba'i, 2019). Kebutuhan data yang digunakan untuk antara lain jenis dan besar bahan baku(buah kopi dan air), energi (listrik, bahan bakar) dan limbah (kulit buah kopi) serta data emisi yang belum tersedia. Data yang harus dikumpulkan untuk melakukan inventorisasi masukan (*input*) dan keluaran (*output*) untuk produksi bahan baku yang digunakan agar menghasilkan produk. Tujuan analisis ini untuk menunjukkan pengaruh – pengaruh lingkungan perbagian di life cycle (Sari, 2022). Tahapan yang ada di LCI adalah pengambilan bahan baku, pengolahan formulasi,

distribusi dan pengangkutan, perawatan penggunaan, daur ulang dan pengelolaan limbah

Setiap tahapan menerima masukan bahan baku dan energi serta mengeluarkan energi dan bergerak ke arah fase berikutnya serta mengeluarkan limbah ke lingkungan.

3. Penilaian dampak (*Impact Assesment*)

Pada tahap ketiga *Life Cycle Assesment* adalah melakukan pengelompokan dan penilaian mengenai efek yang ditimbulkan terhadap lingkungan berdasarkan data – data yang diperoleh pada tahapan analisis inventory. Tujuan dari tahapan ini adalah mengevaluasi dampak lingkungan produk berdasarkan hasil analisis inventory dalam lingkup proyek yang diberikan dan menentukan kepentingan relative setiap alisan dasar dalam masalah lingkungan yang diberikan. Pada tahapan ini impact assessment terbagi menjadi beberapa tahapan Analisa diantaranya (Sari, 2022).

a. Klasifikasi dan karaterisasi

Klasifikasi merupakan Langkah untuk mengidentifikasi dan mngelompokan sustansi yang berasal dari analisis inventory kedalam kategori dampak contoh emisi karbon dioksida (CO₂), metana (CH₄), nitrogen oksida (NO_x), chlorofluorocarbon (CFC) dapat diklasifikasikan ke dalam kategori pemanasan global. Sedangkan karakterisasi merupakan penilaian besarnya dampak langsung terhadap Kesehatan manusia dan ekologi (Pafitri, 2023).

b. Normalisasi

Menyatakan untuk menyorti dan mengelompokan kategori dampak ke dalam satu untuk memudahkan semua kategori impact dengan megalikan nilai karakterisasi dengan nilai normal (Maryam, 2023).

c. Pembobotan

Menilai atau memberikan nilai relative terhadap kategori dampak yang berbeda berdasarkan kepentingan yang di pahami. Pembobotan penting karena dalam kategori dampak lingkungan juga harus mencerminkan tujuan belajar dan nilai – nilai subjektivitas yang tinggi (Maryam, 2023).

d. Pengelompokan

Digunakan untuk mengklasifikasikan nilai kategori dampak berdasarkan aktivitas atau proses. Nilai pengelompokan terlihat akan aktivitas mana yang berkontribusi terhadap dampak lingkungan (Nurunnisa, 2021).

4. Interpretasi (*Interpretation*)

Tahap terakhir *Life Cycle Assessment* adalah pengambilan keputusan, rekomendasi, dan memberi kesimpulan berdasarkan batasan dari studi yang diterakan pada tahap pertama. Pengecekan mengenai kelengkapan dengan tujuan untuk memastikan semua informasi yang relevan dan data yang dibutuhkan untuk tahap improve sudah tersedia lengkap. Analisis ini menjawab pertanyaan tentang kontribusi dari aliran lingkungan, proses dan dampak spesifikasi terhadap nilai akhir, mempelajari efek dari perubahan kecil didalam system dari hasil LCA (Parameswari, 2019).

F. OpenLCA

Pengolahan data pada tahap LCA menggunakan software OpenLCA untuk tahap transportasi dan tahap pengolahan kopi dengan mesin roasting dan grinding. Pertimbangan pemilihan OpenLCA sebagai alat untuk menganalisis data didasarkan pada pertimbangan bahwa OpenLCA merupakan satu-satunya software LCA yang tidak berbayar. Selain itu, OpenLCA merupakan software yang dapat diakses dengan mudah dan legal, dengan cara pengoperasian yang sederhana (Astuti, 2019). OpenLCA merupakan salah satu software untuk membantu menganalisis tahapan penelitian LCA.

Penggunaan software OpenLCA :

Penggunaan OpenLCA adalah untuk menganalisis dan membandingkan lingkungan dari suatu produk. Terdapat beberapa tahapan dalam OpenLCA yaitu:

1. Menentukan tujuan dan ruang lingkup adalah menentukan scope penelitian yang dipilih adalah *Ecoinvent database* (Bagaswara, 2017). Scope ini dipilih karena focus terhadap :
 - a. Input data yang dimasukan adalah sumber material dan energi. Pada proses produksi kopi disetiap proses mengeluarkan gas rumah kaca.

- b. Output yang diharapkan adalah emisi gas rumah kaca yang dihasilkan dari proses produksi kopi.
- 2. Melakukan inventarisasi
 - a. *Process* menunjukkan hal – hal yang termasuk didalam proses produksi produk yang membutuhkan data seperti material yang digunakan dan energi yang digunakan.
 - b. *Product stages* mendeskripsikan bagaimana suatu produk diproduksi, digunakan, dan dibuang.
 - c. *System description* rekaman terpisah untuk mendeskripsikan struktur dari sistem.
 - d. *Waste types* terdapat *waste scenarios* dan *disposal scenarios*.

Pada tahap ini di input data seperti proses pada produksi yang menghasilkan emisi gas rumah kaca. Kemudian dimasukan beban emisi yang dihasilkan, dimana data ini dalam jumlah per tahun.

- 3. Penilaian terhadap cemaran
 - a. *Characterisation*
merupakan penilaian besarnya substansi pada suatu proses yang memiliki kontribusi pada kategori dampak yang terdapat pada LCA.
 - b. *Normalization*
merupakan penilaian dengan membandingkan hasil dari impact category indicator dengan buku acuan atau nilai normal. Hal ini bertujuan untuk menyeragamkan satuan dari segala impact categories dan juga menunjukkan kontribusi dari impact categories
 - c. *Single core*
merupakan proses yang memperlihatkan produksi yang mempunyai dampak terhadap lingkungan.

4. Interpretasi data

Merupakan proses terjadinya data yang dianalisa dan dilihat dari sisi yang dapat memberikan sebuah makna terhadap data tersebut, yang mana data tersebut memungkinkan mengevaluasi suatu kesimpulan untuk digambarkan dan bagaimana dapat dipertanggung jawabkan (Siregar, 2019).

OpenLCA menggunakan data dari OpenLCA Nexus. Kemudian mencari database yang akan digunakan pada OpenLCA. Dipenelitian ini menggunakan database yaitu OpenLCA LCIA Methods.

G. Life Cycle Cost (LCC)

Berdasarkan Janitra (2018), konsep *Life Cycle Cost* merupakan sebuah proses untuk memilih biaya paling efektif diantara banyak cara lain yang tersedia. Didalam *Life Cycle Cost* mempunyai banyak variabel yang tidak terduga dan sebab ini berkaitan dengan masa mendatang maka variabel ini akan sulit diperkirakan menggunakan sesuai pengetahuan dan kecenderungan saat ini. sebagai contoh buat saat ini atap datar bisa memiliki banyak duduk perkara dan tidak disarankan sebagai solusi yang tahan lama dan bebas masalah, sehingga menyebabkan *Life Cycle Cost* yang lebih rendah.(Buyung, 2019). LCC dapat di rumuskan sebagai berikut :

$$LCC = OC + MC \dots\dots\dots(2)$$

Keterangan :

LCC = Life Cycle Cost
 OC = Operating Cost
 MC = Maintenance Cost

Operating Cost

Merupakan biaya yang dikeluarkan saat mesin beroperasi(Abdillah, 2018). Operating cost dapat dirumuskan dengan :

$$OP = \text{operator costs} + \text{energy cost} \dots\dots\dots(3)$$

Maintenance Cost

Merupakan biaya yang dikeluarkan saat perawatan mesin secara berkala(Aisya, 2018). Maintenance cost dirumuskan dengan :

$$MC = (Cr + Cl) + Ce \dots\dots\dots(4)$$

Keterangan :

MC = Maintenance Cost

Cr = Repair Cost

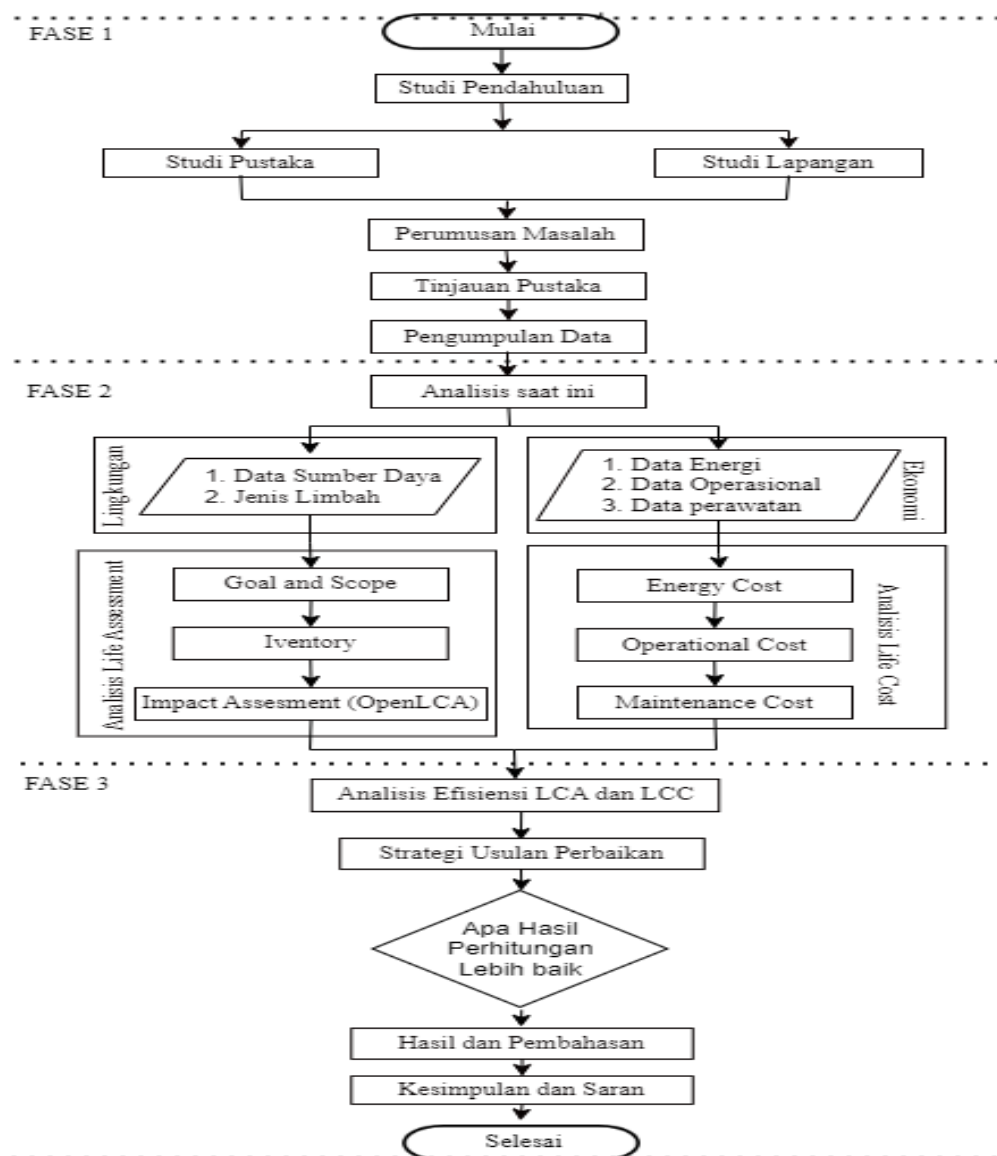
Cl = Labor Cost

Ce = Equipment Cost

BAB III

METODE PENELITIAN

Penelitian ini bagi menjadi 3 fase. Fase pertama adalah studi pendahuluan, yang meliputi perumusan masalah, tujuan penelitian, pengumpulan data. Fase kedua adalah analisis *Life Cycle Assesment* dengan bantuan *software OpenLCA* dan analisis *Life Cycle Cost*. Fase ketiga adalah hasil dari analisis dan intepretasi kemudian dibahas serta memberikan strategi usulan perbaikan dan disimpulkan. Tahapan Penelitian ditunjukkan pada Gambar 3.1



Gambar 3. 1 Tahapan Penelitian

A. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilakukan pada bulan Agustus 2022 di Jasa Pengolahan Kopi Ngropoh Kranggan Kabupaten Temanggung dengan melibatkan pengurus dari pengolahan kopi Ngropoh.

B. Studi Pendahuluan

Studi Pendahuluan dilakukan sebagai awal proses penelitian yang dengan melakukan observasi langsung ke lokasi yang didukung dengan pengumpulan data (studi pustaka) yang berkaitan dengan permasalahan yang ada di Pengolahan Kopi Ngropoh dan setiap kejadian atau peristiwa tentang produksi kopi Temanggung. Studi pendahuluan ini meliputi :

1. Studi Lapangan

Studi lapangan dilakukan dengan *observasi* dan *interview* langsung kepada pengurus Pengolahan Kopi Ngropoh yang berprofesi sebagai pengelola pengolahan kopi, dengan tujuan mengumpulkan data tentang produksi kopi saat ini dan dampaknya terhadap limbah yang dihasilkan oleh pengolahan kopi.

2. Studi Pustaka

Studi pustaka yang dilakukan didalam penelitian menggunakan literatur yang bersumber dari buku, jurnal, dan skripsi tentang proses kopi, aspek produktivitas dan lingkungan, serta konsep *sustainable*, sehingga memperoleh pemahaman yang baik tentang teori dan implementasi teori pengolahan yang mendukung penelitian ini.

C. Perumusan Masalah

Setelah dilakukan *observasi* di Jasa Pengolahan Kopi Ngropoh Kranggan, maka didapatkan perumusan masalah yaitu bagaimana efisiensi proses *roasting* dan *grinding* pada saat ini, bagaimana *life cycle assessment* proses *roasting* dan *grinding* untuk meningkatkan efisiensi pengolahan kopi Ngropoh, bagaimana *Life Cycle Cost* proses *roasting* dan *grinding* untuk meningkatkan efisiensi Pengolahan Kopi Ngropoh.

D. Tujuan Penelitian

Hasil menganalisis proses *roasting* dan *grinding* pada saat ini, menganalisis *Life Cycle Assesment* proses *roasting* dan *grinding* untuk peningkatan efisiensi Pengolahan Kopi Ngropoh dan menganalisis *Life Cycle Cost* proses *roasting* dan *grinding* untuk meningkatkan efisiensi Pengolahan Kopi Ngropoh.

E. Pengumpulan Data

Data – data yang diperoleh dari penelitian dengan cara :

1. *Observasi* (pengamatan)

Observasi Pengolahan Kopi Ngropoh Kranggan mulai dari proses *Roasting* sampai proses *Grinding*.

2. *Interview* (wawancara)

Interview dilakukan terhadap 2 orang yaitu pengurus, dan pengelola untuk mengetahui karakteristik proses analisis Pengolahan Kopi Ngropoh Kranggan. Mulai dari energi yang dipakai untuk setiap proses produk sampai biaya yang dikeluarkan untuk harga jasa.

Data – data yang dikumpulkan dalam penelitian ini terdiri dari data primer dan sekunder.

1. Data Primer

- a. Data primer diperoleh dari observasi langsung dilapangan yaitu pengamatan langsung proses *roasting* dan *grinding*.
- b. Data Sumber Daya meliputi energi yang dipakai disetiap proses produksi dan harga perkg untuk setiap jasa pengolahan kopi.

2. Data Sekunder

Data sekunder diperoleh dari buku, jurnal dan publikasi pemerintah

- a. Profil tempat Jasa Pengolahan Kopi yang merupakan data yang diperlukan dalam penelitian ini seperti apa saja yang dibutuhkan oleh jasa pengolahan kopi.
- b. Manajemen perusahaan, jam kerja, dan data jumlah permintaan yang ada pada saat ini dijasa pengolahan kopi.

F. Perhitungan Efisiensi Proses Roasting dan Grinding saat ini

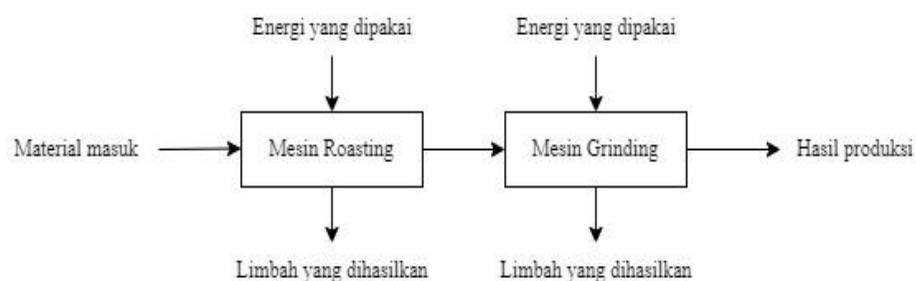
Perhitungan efisiensi proses roasting dan grinding memiliki peran penting dalam industri pengolahan bahan baku seperti kopi. Efisiensi energi perhitungan efisiensi grinding juga dapat membantu produsen mengidentifikasi dan mengadopsi teknologi grinding yang lebih efisien secara energi. Hal ini dapat mengurangi biaya operasional dan dampak lingkungan. Dengan memahami dan mengoptimalkan efisiensi proses roasting dan grinding, produsen dapat meningkatkan efisiensi produksi mereka, serta mengurangi potensi pemborosan bahan baku dan energi.

G. Analisis *Life Cycle Assessment*

Life cycle assessment (LCA) digunakan untuk pengujian pengaruh produksi kopi secara lengkap dari penyediaan bahan dasar, proses pengolahan, sampai proses penjualan ke konsumen. Data penggunaan energi mesin nanti akan menggunakan bantuan *sowtware OpenLCA* untuk menghitung jenis emisi yang dihasilkan. Untuk mndapatkan LCA dibutuhkan 3 tahap yaitu :

1. *Goal and Scope*

Goal yang dipakai di pengolahan kopi adalah mengetahui besarnya dampak lingkungan yang dihasilkan dari proses pengolahan kopi yang berasal dari mesin *roasting* dan *grinding*. Scope LCA dimulai dari transportasi 1, pengolahan petani, transportasi 2, input proses (material) dan energi pada tiap-tiap tahapan dalam proses pengolahan kopi mulai dari *roasting* kopi. kemudian masuk ke mesin *grinding* hingga menjadi bubuk kopi sampai ke penyimpanan. Proses dalam mencari Scope dapat dilihat pada Gambar 3.2



Gambar 3. 2. Scope LCA

2. *Life Cycle Inventory (LCI)*

Digunakan untuk mencari besarnya dampak lingkungan dari setiap proses dimulai dari pengolahan bahan kopi glondongan yang akan di *roasting* dan *grinding* sampai menjadi bubuk maka akan diperoleh data untuk setiap unit dalam proses sistem yang dapat diklasifikasikan berdasarkan kategori antaranya adalah pemasukan energi, pemasukan bahan baku, pemasukan tambahan produk, dan limbah emisi ke udara, pembuangan ke air dan tanah serta aspek lingkungan produksi kopi dimasukkan dalam software OpenLCA.

3. *Life Cycle Impact Assesment (LCIA)*

Digunakan untuk mengelompokkan dan menilai berapa besar dampak yang ditimbulkan terhadap lingkungan berdasarkan input data pada tahap LCI sehingga menjadi LCIA. LCIA dipenelitian ini digunakan untuk mengklasifikasikan nilai kategori impact berdasarkan aktivitas atau proses. Nilai dampak akan terlihat aktivitas mana yang berkontribusi terhadap dampak lingkungan. Kategori dampak lingkungan yang ada didalam CML-IA Baseline adalah *Abiotic Depletion*, *Abiotic Depletion (fossil fuel)*, *Global Warming*, *Ozone Layer Depletion*, *Human Toxicity*, *Fresh Water Aquatic Ecotoxicity*, *Marine Aquatic Ecotoxicity*, *Terrestrial Ecotoxicity*, *Photochemical Oxidation*, *Acidification*, dan *Eutrophication*. Namun pada penelitian ini akan berfokus difucuskan pada dampak yang berpengaruh pada gas rumah kaca dan pencemaran udara yaitu *Global Warming*, *Human Toxicity* dan *Photochemical Oxidation* (Putri, 2017) Sehingga akan didapatkan nilai perebaikan dari proses produksi yang dapat digunakan untuk tahapan analisa. Dampak yang dihasilkan yaitu

a. *Climate Change Global Warming Potential*

Dampak dari proses *roasting* dan *grinding* terhadap perubahan iklim dapat terkait dengan emisi gas rumah kaca. Proses *roasting*, terutama pada industri kopi, dapat menghasilkan gas seperti karbon dioksida (CO_2) dan metana (CH_4) selama pembakaran bahan bakar. Sementara proses *grinding* mungkin tidak memiliki dampak langsung pada emisi

gas rumah kaca, produksi energi yang digunakan dalam proses tersebut dapat menyumbang pada jejak karbon keseluruhan.

b. *Human Toxicity Toksisitas*

Dapat terkait dengan penggunaan bahan kimia dalam proses roasting atau grinding. Pada roasting, bahan kimia tertentu mungkin digunakan untuk membantu proses atau memberikan karakteristik rasa tertentu pada produk akhir. Toksisitas dapat timbul jika bahan-bahan tersebut tidak dikelola dengan baik atau jika ada residu yang terdapat dalam produk akhir.

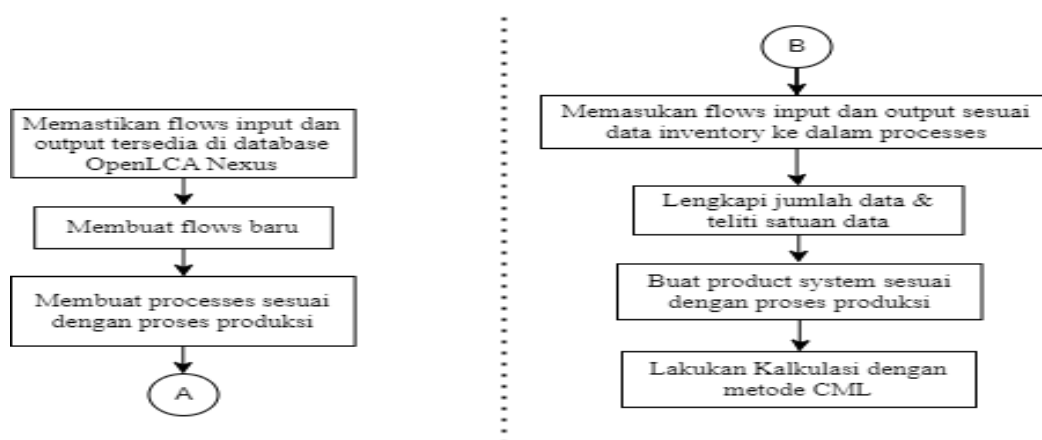
c. *Photochemical Oxidation*

Proses roasting mungkin melibatkan reaksi kimia yang menghasilkan senyawa-senyawa yang dapat berkontribusi pada fotooksidasi. Hal ini dapat terjadi terutama jika ada interaksi antara produk sampingan roasting dengan komponen udara atau matahari.

4. *Interpreation*

Digunakan untuk melakukan idntifikasi, kualifikasi, pengecekan, serta mengevaluasi dampak dari hasil LCI dan LCIA pada system dan menjawab tujuan penelitian.

Untuk menghitung dampak yang dihasilkan membutuhkan *software* OpenLCA dengan menggunakan database dari OpenLCA nexus dan *database* yang digunakan adalah *OpenLCA LCIA Methods*. Cara penggunaan *software* OpenLCA seperti pada gambar 3.3.



Gambar 3. 3 Diagram alur proses Penggunaan *software* OpenLCA

H. Analisis *Life Cycle Cost*

Digunakan untuk menghitung observasi, analisis usaha, dan analisis kelayakan finansial. *Life Cycle Cost* yang akan digunakan untuk menghitung biaya operasional, biaya energi yang digunakan dan biaya perawatan. Sehingga akan menciptakan harga jasa yang sesuai pada setiap jenis jasa yang digunakan di pengolahan kopi Ngropoh berdasarkan data tabel 3.1. Untuk menghitung *Life Cycle Cost* dapat menggunakan :

1. $LCC = OP + MC$
2. $OP = OrC + Ec$
3. $MC = (Cr + Cl) + Ce$

Keterangan :

OP = *Operating Cost*

MC = *Maintenace Cost*

OrC = *Operator Cost*

Ec = *Energy Cost*

Cr = *Repair Cost*

Cl = *Labor Cost*

Ce = *Equipment Cost*

I. Strategi Usulan Proses Perbaikan

Dari hasil analisis selanjutnya akan diusulkan beberapa analisis di proses jasa pengolahan kopi diantaranya memperbaiki cara mengoptimalkan penggunaan sumber daya dalam proses pengelolaan kopi yang dilakukan terus menerus agar lebih efisien dalam penggunaan mesin *Roasting* dan *Grinding*. Dan harga jasa pengolahan kopi yang akan ditetapkan pada penggunaan mesin *Roasting* dan *Rrinding*.

J. Hasil dan Pembahasan

Perhitungan biaya produksi dari pengolahan data sebelumnya dilakukan analisa serta diuraikan secara detail dan sistematis dari hasil pengolahan data analisis Pengolahan Kopi Ngropoh Kranggan..

K. Kesimpulan dan Saran

Tahap ini adalah akhir dari seluruh tahapan pada penelitian. Tahap ini disimpulkan hasil dari penellitian dan saran terhadap industri yang menjadi objek penelitian

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini sebagai berikut :

1. Dari hasil penelitian ini didapat dari efisiensi mesin roasting dan grinding pada saat ini efisiensi mesin roasting didapatkan 59,8% dan mesin grinding 79,2%. Dari hasil peningkatan kapasitas mesin yang sebelumnya 1-2 kg diharuskan untuk memaksilmalkan kapasitas mesin yaitu 3 kg.
2. Hasil analisis *Life Cycle Assesment* saat ini adalah menghasilkan Potensi dampak lingkungan yang disebabkan *Global warming potential* diseluruh tahapan proses pengolahan kopi sebesar 59,85597519 Kg CO₂ eq, Human toxicity sebesar 14,22194038 kg 1,4-DB eq, Photochemical oxidation sebesar 0,015062107 kg C₂H₄ eq. setelah dilakukan perbaikan dampak lingkungan yang disebabkan *Global warming potential* diseluruh tahapan proses pengolahan kopi sebesar 33,9653 Kg CO₂ eq, Human toxicity sebesar 8,88033 kg 1,4-DB eq, Photochemical oxidation sebesar 0,00799 kg C₂H₄ eq. Dari hasil tersebut mengalami penurunan dampak lingkungan.
3. Hasil analisis Life Cycle Cost mesin Roasting dan Grinding saat ini didapatkan hasil LCC Rp 7.012.037,01 selama satu bulan maka perhari harus didapat penghasilan yang lebih tinggi dari Rp 292.168,208/hari. Dan setelah perbaikan didapatkan hasil LCC Rp 6.862.037,01 selama satu bulan maka perhari harus didapat penghasilan yang lebih tinggi dari Rp 164.688,888/hari. Dengan usulan perbaikan mendapatkan ke efisienan efisiensi mesin roasting didapatkan 71,8% meningkat 12% dan mesin grinding 99,3% mengalami kenaikan efisiensi sebesar 21,1%. Dari perhitungan efisiensi mengalami kenaikan dari efisiensi sebelumnya.

B. Saran

Pada Penelitian *Life Cycle Assessment* di pengolahan kopi Ngropoh Kabupaten Temanggung yang telah dilaksanakan, diharapkan penelitian selanjutnya agar dilakukan uji kualitas limbah sehingga dapat diketahui seberapa besar dampak lingkungan akibat pembuangan limbah ke lingkungan dan mengajarkan pengelola cara pembuatan limbah organik yang lebih murah dan lebih ramah lingkungan agar meningkatkan pendapatan di Pengolahan kopi Ngropoh. Diharapkan data dari hasil penelitian ini dapat dijadikan sebagai data dasar atau acuan untuk melakukan penelitian selanjutnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdillah, A. F., Alhilman, J., & S, N. A. (2018). Analisis Perancangan Kebijakan Maintenance Pada Ekskavator Kobelco Sk200 Dengan Menggunakan Metode Life Cycle Cost (Lcc) Dan Overall Equipment Effectiveness (Oee) Di Po Rajawali Project Analysis of Maintenance Policy Designed for Kobelco Sk200 Excavat. *Ie-Proceeding of Engineering*, 5(2), 2509–2517.
- Adiwinata, F., & Rahayuningsih, M. (2021). *Analisis Daur Hidup (Life Cycle Assessment) Pengolahan Kopi Bubuk Robusta Secara Basah Di Industri Kecil Menengah (Ikm) Beloe Klasik Lampung*. 15(4), 1175–1182. <https://doi.org/10.21107/agrointek.v15i4.1176>
- Aisya, P., Budiasih, E., & Alhilman, J. (2018). Penentuan Optimasi Sistem Perawatan Pada Mesin Casting Line 37 Dengan Menggunakan Metode Life Cycle Cost (Lcc) Di Pt Xyz. *Journal Industrial Servicess*, 4(1), 32–37. <https://doi.org/10.36055/jiss.v4i1.4086>
- Alexander, et., A. (2019). *ANALISIS DAYA SAING EKSPOR BIJI KOPI INDONESIA DI PASAR GLOBAL COMPETITIVENESS ANALYSIS OF EXPORT INDONESIA COFFEE BEAN IN GLOBAL MARKET 2002-2017 Indonesia is one of the worlds largest coffee beans exporter countries which occupies the fourth position in*. 12(2), 1–16.
- Arba'i, A., Faridz, R., & Jakfar, A. A. (2019). Life Cycle Assessment (Lca) Pada Produk Jamu Kunyit Asam Di Ud. Al Mansyurien Kamal Bangkalan. *Agroindustrial Technology Journal*, 3(2), 78. <https://doi.org/10.21111/atj.v3i2.3849>
- Astuti, A. D., Perencanaan, B., Daerah, P., & Pati, K. (2019). *Analisis potensi dampak lingkungan dari budidaya tebu menggunakan pendekatan life cycle assessment (lca) potential analysis of environmental impact of sugarcane plantation using life cycle assessment (lca) approach*. XV(1).
- Bagaswara, M. E. A., & Hadi, Y. (2017). Analisis dan Rekayasa Proses Produksi Untuk Mengendalikan Environmental Impact Menggunakan Metode LCA. *Jurnal METRIS*, 18(2), 95–104.
- Buyung, R. A. H. F., Pratasis, P. A. K., & Malingkas, G. Y. (2019). Life Cycle Cost (LCC) pada Proyek Pembangunan Gedung Akuntansi Universitas Negeri Manado (Unima) di Tondano. *Jurnal Sipil Statik*, 7(11), 1527–1536.
- Harjanto, T. R., Fahrurrozi, M., & Bendiyasa, I. M. (2014). Life Cycle Assessment Pabrik Semen PT Holcim Indonesia Tbk. Pabrik Cilacap: Komparasi antara Bahan Bakar Batubara dengan Biomassa. *Jurnal Rekayasa Proses*, 6(2), 51–58.
- Indrayani, H. (2012). penerapan teknologi informasi dalam peningkatan efektivitas, efisiensi dan produktivitas perusahaan. *Jurnal El-Riyasah*, 3 No. 1.
- Janitra, K., Widyanugrah, K., & Alifen, R. S. (2018). *Perhitungan Life Cycle Cost*

- Sistem Pendingin Ruangan pada Gedung Hotel Goldvitel Surabaya.* 203–210.
- Lolo, E. U., Gunawan, R. I., & Krismani, A. Y. (2021). *Penilaian Dampak Lingkungan Industri Tahu Menggunakan Life Cycle Assessment (Studi Kasus : Pabrik Tahu Sari Murni Kampung Krajan , Surakarta)*. VI(4), 2337–2347.
- Maryam, A., Raharjo, S., Aziz, R., Lingkungan, T., Teknik, F., & Andalas, U. (2023). *Kajian Aspek Pengolahan Sampah Padang Menggunakan Metode Life Cycle Assessment*. 10(1), 275–287.
- Nisa, F., Haji, A. T. S., Suharto, B., & Widyotomo, S. . (2015). Pengukuran Tingkat Eko-efisiensi Proses Produksi Biji Kakao Menggunakan Life Cycle Assessment Pada Unit Produksi di Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia Determination of Eco-Efficiency Rate of Cocoa Beans Process Using Life Cycle Assessment on Product. *Jurnal Sumberdaya Alam Dan Lingkungan.*, 2(2), 32-39.
- Nurunnisa, S. (2021). Kajian dampak lingkungan sistem pengelolaan sampah di kawasan wisata Pantai Pariaman menggunakan metode life cycle assessment. *Jurnal Teknologi Dan Inovasi Industri (JTII)*, 1(2), 6–12. <https://doi.org/10.23960/jtii.v1i2.21>
- Parameswari, P. P., Yani, M., & Ismayana, A. (2019). Penilaian Daur Hidup (Life Cycle Assesment) Produk Kina Di PT Sinkona Indonesia Lestari. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 17(2), 351. <https://doi.org/10.14710/jil.17.2.351-358>
- Penerapan Life Cycle Assessment untuk Menakar Emisi Gas Rumah Kaca yang Dihasilkan dari Aktivitas Produksi Tahu.* (2017). 475–480. *penilaian dampak karaterisasi.* (n.d.).
- Riris Loisa, F. P. D. (2019). Analisis Daya Saing Ekspor Kopi Indonesia Di Pasar Internasional. *Jurnal Manajemen Bisnis Dan Kewirausahaan*, 2(4), 52–62. <https://doi.org/10.24912/jmbk.v2i4.4863>
- Sari, I. P., Sia, F. L., Habyba, A. N., & Kurniawan, W. (2022). Penilaian Dampak Lingkungan Proses Produksi Tahu Di Jakarta Barat Menggunakan Metode Life Cycle Assessment. *EnviroScienteeae*, 18(3), 110. <https://doi.org/10.20527/es.v18i3.14809>
- Siregar, K., Tambunan, A. H., Irwanto, A. K., Wirawan, S. S., Araki, T., Chaerul, M., Allia, V., Putri, H. P., & Lingkungan, D. T. (2019). Life Cycle Assessment (Lca) Emisi Pada Proses Produksi Bahan Bakar Minyak (Bbm) Jenis Bensin Deng. *Jurnal Serambi Engineering*, 65(1), 816–823. <http://dx.doi.org/10.1016/j.egypro.2015.01.054>
- Towaha, J., Purwanto, E. H., Iflah, T., & Tarigan, E. B. (2018). *Teknologi Pengolahan Kopi: Upaya Peningkatan Mutu dan Nilai Tambah Kopi Rakyat*.
- [IPPC] Intergovernmental Panel on Climate Change. 2007. Climate Change 2007: Syntesis Report, Summary for Policy Maker. http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr_spm.pdf.

- Pramono, A., & Sadmaka. (2018). Emisi gas rumah kaca, cadangan karbon serta strategi adaptasi dan mitigasi pada perkebunan kopi rakyat di Nusa Tenggara Barat (*Greenhouse gas emission, carbon stock, adaptation and mitigation strategies at smallholder coffee plantation in West Nusa Tenggara*). *E-Journal Menara Perkebunan*, 86(2), 62–71.
<https://doi.org/10.22302/iribb.jur.mp.v86i2.294>
- Chandra, V. V., Hemstock, S. L., Mwabonje, O. N., N'Yeurt, A. D. R., Woods, J. (2018). Life Cycle Assessment of Sugarcane Growing Process in Fiji. *Sugar Tech*, 20 (6), 692-699
- Aparecido, D., Silva, L., Delai, I., Laura, M., Montes, D., Roberto, A. (2014). Life Cycle Assessment of The Sugarcane Bagasse Electricity Generation in Brazil. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 32, 532-547.