

Evaluasi Jejak Karbon Produk Tahu Di Kelurahan Abian Tubuh Kota Mataram Menggunakan Pendekatan Penilaian Daur Hidup (*Life Cycle Assessment*)

Wiwit Bayu Adi¹, Joni Safaat Adiansyah^{1*}, Agum Muladi¹

¹Program Pascasarjana, Magister Ilmu Lingkungan, Universitas Muhammadiyah Mataram; e-mail: joni.adiansyah@ummat.ac.id

ABSTRAK

Kelurahan Abian Tubuh merupakan salah satu sentra usaha mikro kecil menengah (UMKM) pembuatan tahu yang ada di Kota Mataram Provinsi Nusa Tenggara Barat berdasarkan Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) Kota Mataram tahun 2011-2031. Dari potensi yang ada terlihat bahwa sebagian besar proses produksi tahu yang ada di Kelurahan Abian Tubuh masih belum dapat digolongkan sebagai produksi tahu ramah lingkungan. Salah satunya dari aspek penggunaan energi yang berlebihan pada setiap kegiatan produksi yang dapat meningkatkan jejak karbon sebagai pemicu pemanasan global. Oleh karena itu maka tujuan dari studi ini adalah melakukan evaluasi terhadap jejak karbon yang dihasilkan dari kegiatan UMKM Tahu di Kelurahan Abian Tubuh Kota Mataram. Adapun pendekatan yang digunakan adalah metode kajian daur hidup (*Life Cycle Assessment*) dimana analisa dampak lingkungan (jejak karbon) menggunakan *software* OpenLCA dan unit fungsi yang digunakan adalah 45.000 potong tahu selama sebulan. Studi kasus diambil dari sebuah UMK Tahu dimana analisa dampak menunjukkan bahwa kegiatan yang paling berkontribusi terhadap jejak karbon produksi Tahu yaitu sesuai urutan berikut: proses perebusan kedelai sebesar 1.960,55 Kg CO₂eq, proses penggilingan 1.708,29 Kg CO₂eq, proses pencucian/perendaman sebesar 1.498,29 Kg CO₂eq dan proses penggunaan transportasi sebesar 64,07 Kg CO₂eq. Alternatif untuk perbaikan berkelanjutan pada proses pembuatan tahu dapat dilakukan dengan cara mengganti dan melakukan perawatan berkala pada setiap unit mesin produksi. Lebih lanjut, penggunaan sumber energi alternatif yang lebih ramah terhadap lingkungan seperti penggunaan gas LPG dan biogas sebagai pengganti kayu bakar juga sebaiknya dipertimbangkan.

Kata kunci: Penilaian Daur Hidup, UMKM Tahu, Jejak Karbon, Energi, Pemanasan Global, Kota Mataram

ABSTRACT

Abian Tubuh sub-district is one of the micro-small, and medium enterproses (UMKM) centers for tofu production in Mataram City, West Nusa Tenggara Province based on the Mataram City Regional Spatial Plan (RTRW) for 2011-2031. From the existing potential, it showed that most of the tofu process productions in the Abian Tubuh sub-district could not classified as environmentally friendly tofu production yet. One of the aspects is coming from an excessive use of energy for production processes which could increase the *carbon footprint* as a trigger for the global warming. Therefore, this study is aimed to evaluate the *carbon footprint* resulting from the Tofu UMKM activities at Abian Tubuh sub-district Mataram City. Life Cycle Assessment approach was applied where openLCA software was used to analyze the *carbon footprint* and the functional unit was 45,000 pieces of tofu during a month. A case study from a Tofu UMKM found that the activities contributed most to the tofu production *carbon footprint* were in the following order: the soybean boiling process with 1,960.55 Kg CO₂eq, the milling process with 1,708.29 Kg CO₂eq, the washing/soaking process with 1,498.29 Kg CO₂eq and the process of using transportation with 64.07 Kg CO₂eq. The alternative for continuous improvement in the tofu production processes could be conducted by replacing and carrying out a regular maintenance on each production machine unit. In addition, the utilization of alternative energy sources that are more environmentally friendly such as LPG and biogas as a substitute for firewood should be also considered.

Keywords: Life Cycle Assessment, UMKM Tofu Industry, Carbon footprint, Global Warming, Mataram City

Citation: Adi, W. B., Adiansyah, J. S., dan Muladi, A. (2024). Evaluasi Jejak Karbon Produk Tahu Di Kelurahan Abian Tubuh Kota Mataram Menggunakan Pendekatan Penilaian Daur Hidup (*Life Cycle Assessment*). Jurnal Ilmu Lingkungan, 22(2), 439-446, doi:10.14710/jil.22.2.439-446

1. Pendahuluan

Tahu merupakan salah satu jenis makanan sumber protein yang cukup baik dengan bahan dasar yaitu kacang kedelai (Mariatun dan Jauhari, 2018). Di

Indonesia, industri tahu sebagian besar di produksi oleh industri dengan skala kecil atau rumahan dengan modal yang terbatas dan pada umumnya sumber daya yang terlibat memiliki taraf pendidikan yang relatif

rendah serta cenderung belum banyak yang melakukan pengolahan limbah (Mariatun dan Jauhari, 2018) dan (Rahmalia et al., 2021). Industri rumah tangga saat ini juga harus memperhatikan prinsip berkelanjutan, dimana lingkungan, ekonomi dan sosial harus diperhatikan dengan meminimalkan dampak pencemaran yang ditimbulkan (Lolo et al., 2021), serta melestarikan energi dan sumber daya alam (Wahyudi, 2017), dan melindungi pekerja, masyarakat sekitar maupun konsumen (Sahirman dan Ardiansyah, 2014). Saat ini, di era sadar akan lingkungan hidup, para konsumen justru semakin kritis dalam memilih dan membeli suatu produk yang akan dikonsumsi. Produk yang ramah lingkungan menjadi salah satu kriteria penting dalam pemilihan produk. Salah satu indikator industri yang ramah lingkungan ditentukan oleh tingkat keramahan terhadap lingkungan yang ada disekitar, antarlain ditandai dengan rendahnya nilai *carbon footprint* yang dihasilkan dari suatu proses kegiatan industri, hal tersebut nantinya akan menjadi salah satu penilaian pada kriteria PROPER (Suhardi et al., 2020).

Kelurahan Abian Tubuh Baru merupakan salah satu sentra agroindustri pembuatan tahu yang ada di Kota Mataram Provinsi Nusa Tenggara Barat berdasarkan Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) Kota Mataram tahun 2011-2031. Menurut data Dinas Perdagangan Dan Perindustrian (DISPERINDAG), jumlah industri tahu di Kelurahan ini pada tahun 2016 mencapai 107 unit dan jumlah tenaga kerja sebanyak 343 orang, sedangkan pada tahun 2020 jumlah sentra industri kecil rumah tangga (IKRT) pembuatan tahu mengalami peningkatan mencapai 141 unit (Adi et al., 2022). Dari potensi yang ada, justru kegiatan tersebut saat ini menimbulkan dampak, yaitu dimana sebagian besar industri pembuatan tahu yang ada di kelurahan tersebut masih tergolong belum ramah lingkungan, dimana limbah yang dihasilkan begitu saja dibuang tanpa dikelola dengan baik, sehingga berdampak pada lingkungan dan masyarakat sekitar, selain itu, proses pembuatan tahu tergolong masih tradisional, yang mana masih memanfaatkan tenaga manusia dan cenderung menggunakan kayu sebagai bahan bakar

utama dalam tahapan produksi tahu, sehingga hal tersebut dapat memicu meningkatnya jumlah *carbon footprint* yang dihasilkan pada setiap produksi. Selain itu penggunaan energi yang berlebihan pada setiap kegiatan produksi juga dapat memicu tingginya nilai emisi yang dikeluarkan ke lingkungan sekitar, sehingga nantinya dapat menjadi faktor pemicu perubahan iklim secara mikro serta dapat memicu timbulnya fenomena panas yang tidak merata, atau yang biasa disebut dengan Urban Heat Island (UHI) (Hanif dan Nofrizal, 2017) dan (Masayu et al., 2020).

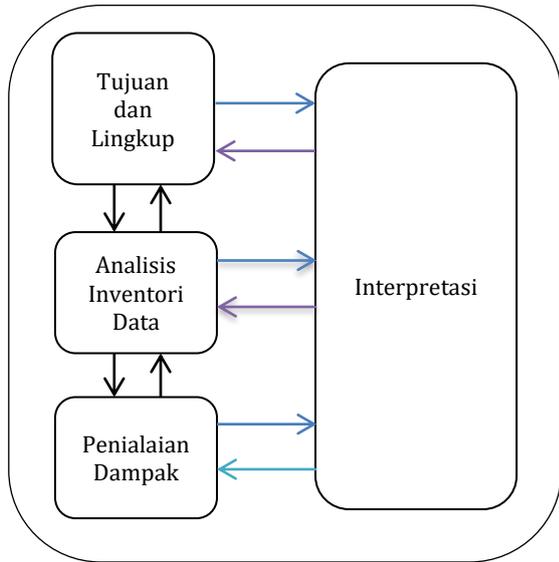
Oleh karena itu, dari permasalahan yang terjadi, penulis mencoba menganalisis besaran dampak yang ditimbulkan dari kegiatan proses produksi tahu yang ada di Kelurahan Abian Tubuh dilihat dari *carbon footprint* yang dihasilkan menggunakan metode kajian daur hidup (Life Cycle Assessment), dimana metode ini merupakan alat yang dapat digunakan untuk menganalisis dampak lingkungan yang terjadi dari sebuah kegiatan (Adiansyah et al., 2019). Adapun Sampel yang dijadikan studi berada di industri rumahan UMKM Bapak Lan, dimana kegiatan produksi tahu di UMKM ini masih dilakukan secara tradisional, yaitu menggunakan tenaga manusia dan sumber bahan bakar utama menggunakan kayu bakar, sedangkan penggunaan listrik hanya digunakan untuk menggerakkan mesin pompa air dan penerangan saja, penggunaan bahan bakar seperti bensin digunakan untuk proses transportasi pengambilan bahan dasar kedelai dan kayu bakar, selain itu bensin juga digunakan untuk menggerakkan mesin penggilingan kedelai. Tentunya semakin tinggi energi yang digunakan setiap harinya, maka semakin tinggi pula emisi yang dikeluarkan ke lingkungan, sehingga penerapan metode LCA pada panulisan kali ini bukan hanya untuk melihat seberapa besar *carbon footprint* yang dihasilkan dari sebuah kegiatan produksi tahu yang ada di UMKM Bapak Lan, melainkan juga akan merekomendasikan sebuah perbaikan sistem dari sebuah proses kegiatan agar dapat menurunkan dampak yang ditimbulkan dari sebuah kegiatan tersebut, khususnya pada *carbon footprint* yang dihasilkan (Adiansyah, 2022).



Gambar 1. Lokasi industri tahu UMKM Bapak Lan

2. Metode

Studi pada penulisan artikel ini berada di industri pembuatan tahu UMKM Bapak Lan, yang berada di Kelurahan Abian Tubuh Baru, Kecamatan Sandubaya, Kota Mataram. Pengambilan data terbagi menjadi dua, yaitu primer dengan cara observasi dan wawancara, sedangkan data sekunder diperoleh melalui studi pustaka. Metode LCA yang digunakan mengacu pada prosedur ISO 14040 yang terdiri dari empat komponen, yaitu penentuan tujuan dan ruang lingkup (goal and scope), analisis inventori data (inventory analysis), penilaian dampak (impact assessment) dan interpretasi (Lolo et al., 2021) seperti ditunjukkan pada Gambar 2. Data yang diperoleh pada tahapan inventori data selanjutnya diolah dan dianalisis menggunakan software OpenLCA seri 1.11 tahun 2021 (Ciroth et al., 2021), untuk dilakukan penilaian dampak. Pengolahan dan analisa data berupa karakterisasi, normalisasi dan pembobotan. Adapun perhitungan dampak menggunakan metode CML-AI Baseline dengan menggunakan database pendukung yaitu Agribalyse versi 3.0.1 dan ELCD 3.2 Greendelta.



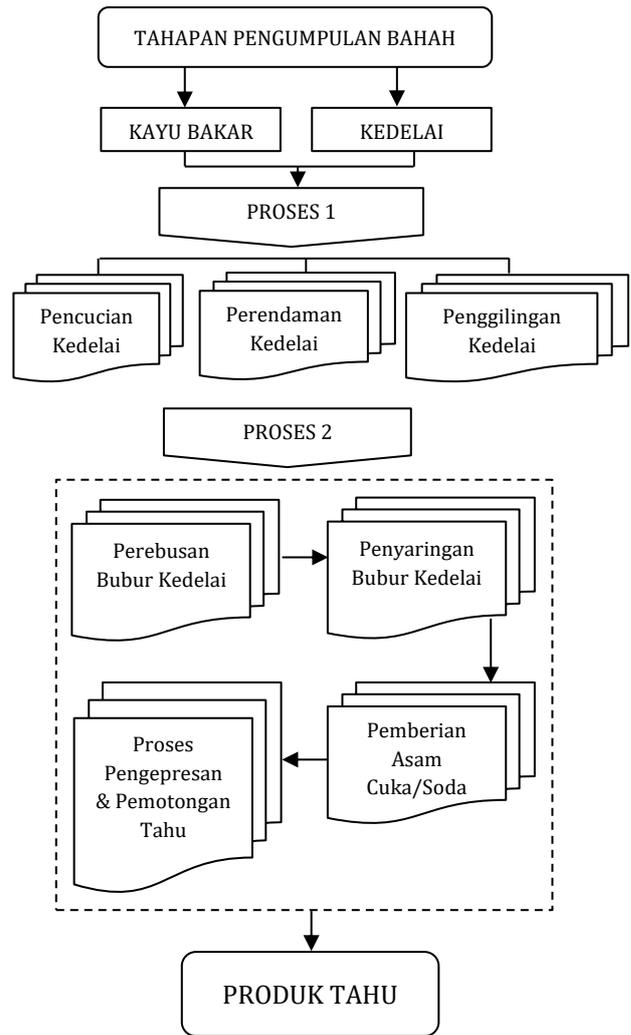
Gambar 2 Kerangka Kerja LCA (ISO, 2006)

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Tujuan Dan Ruang Lingkup (Goal And Scope)

Seperti yang telah disebutkan sebelumnya, bahwa tujuan yang akan dicapai yaitu untuk mengetahui seberapa besar *carbon footprint* yang dihasilkan dari proses kegiatan pembuatan tahu dan penggunaan energi lainnya dalam menunjang proses tersebut, selain itu juga tujuan yang akan dicapai selanjutnya merupakan sebuah rekomendasi atau evaluasi perbaikan sistem pada sebuah proses produksi sehingga dapat mengurangi *carbon footprint* yang dihasilkan pada setiap proses produksi. Adapun unit fungsional yang digunakan yaitu produksi 45.000 potong tahu selama sebulan, dengan menggunakan batasan sistem atau ruang lingkungnya yaitu *cradle to gate*. Adapun proses daur hidup pada kegiatan

produksi tahu yang ada di UMKM Bapak Lan dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Bagan Alur Proses Produksi Tahu UMKM Bapak Lan

Proses produksi tahu dimulai dari pengumpulan bahan baku berupa kedelai dan kayu bakar sebagai sumber energi utama menggunakan alat transportasi, selanjutnya kedelai yang telah terkumpul kemudian masuk pada tahapan pencucian dan perendaman yang mana sumber energi yang dibutuhkan pada tahapan ini yaitu listrik untuk pompa air. Kedelai yang telah direndam kemudian digiling menjadi bubur kedelai dan nantinya akan direbus, pada tahapan proses penggilingan menggunakan mesin penggiling dan sumber energi berupa bahan bakar bensin. Setelah kedelai tergiling, maka tahapan selanjutnya yaitu proses perebusan bubur kedelai, dimana proses perebusan menggunakan bahan bakar yaitu kayu. Setelah tahapan perebusan selesai, maka bubur kedelai selanjutnya akan disaring dan dipisahkan dari ampas. Dan tahapan yang terakhir yaitu sari kedelai yang telah disaring lalu diendapkan dan diberikan asam cuka atau soda agar sari kedelai menjadi gumpal, setelah sari kedelai mulai menggumpal, maka proses selanjutnya yaitu pengepresan dan

pemotongan tahu, dimana proses pengepresan sari kedelai dan pemotongan tahu yang ada di UMKM Bapak Lan masih menggunakan sumber daya manusia atau tradisional tanpa menggunakan mesin.

3.2. Analisis Inventori Data (Inventory Analysis)

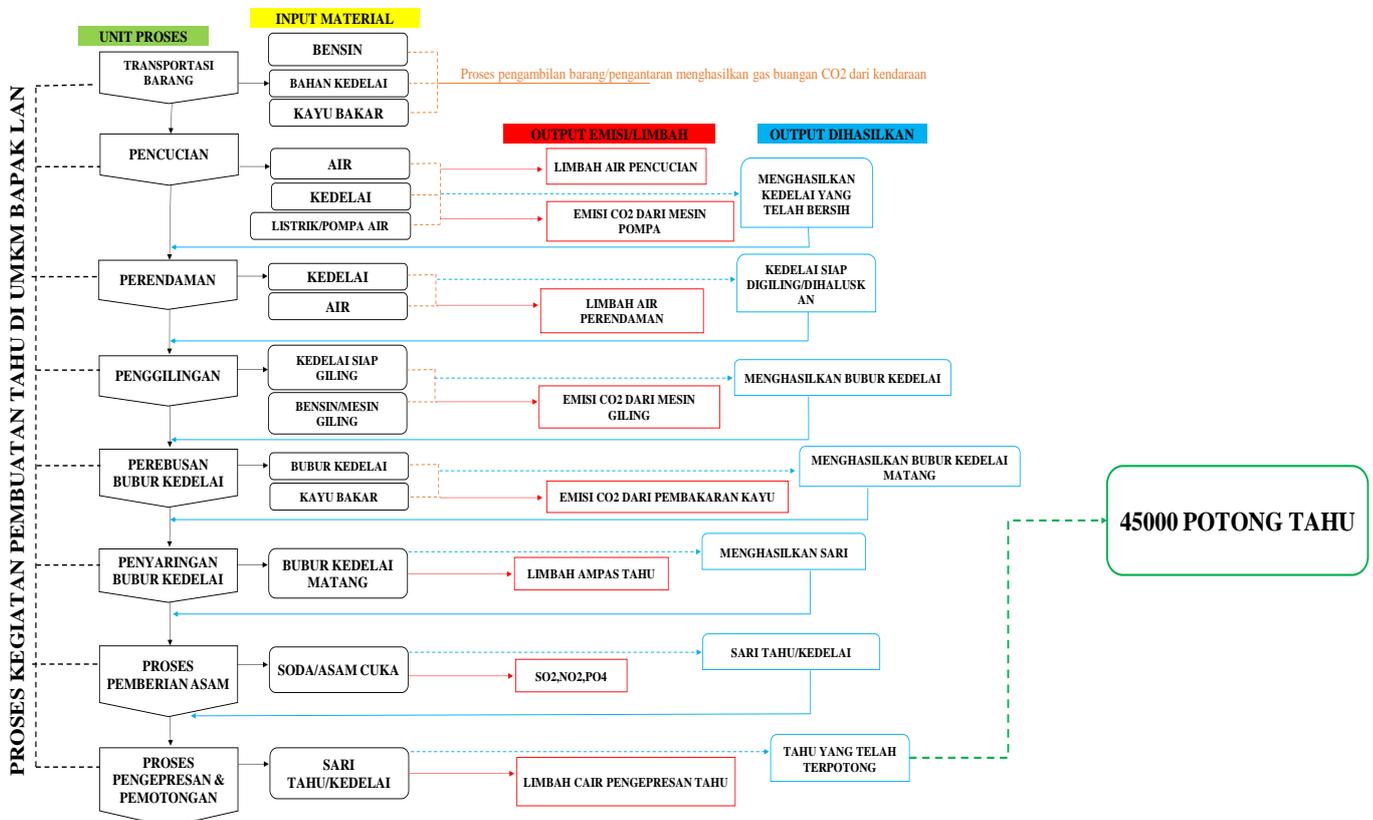
Inventori data input dan output dari sebuah kegiatan proses pembuatan tahu yang ada di UMKM Bapak Lan didapatkan melalui hasil wawancara dan observasi, dimana berdasarkan hasil wawancara,

proses pembuatan tahu dilakukan 9 jam per harinya sampai pada tahap penjualan dan pengiriman tahu pada setiap konsumen dan pasar-pasar. Namun demikian pada studi kali ini, ruang lingkupnya mulai dari pengambilan bahan baku sampai proses pembuatan produk tahu saja dengan tidak menghitung input kegiatan pengiriman tahu pada setiap konsumen dan setiap unit-unit pasar. Maka dari itu ruang lingkup LCA pada penulisan ini masuk pada kedalam kategori *cradle to gate*.

Tabel 1. Inventori Data Proses Pembuatan Tahu Selama Satu Bulan Di UMKM Bapak Lan

PROSES PENGUMPULAN BAHAN DARI DISTRIBUTOR PENYEDIA KEDELAI DAN KAYU BAKAR					
No	Input	Jumlah	Unit Proses	Output	Jumlah
1	Kedelai	6.000 Kg	Transportasi	Raw material	6.000 Kg
	Kayu Bakar	1.500 Biji/Batang			1.500 Biji
	Bensin	180 Liter			180 Liter
PROSES PEMBUATAN TAHU DI UMKM BAPAK LAN					
2	Kedelai	6.000 Kg	Pencucian Kedelai	Kedelai	6.000 Kg
	Air	2.400 Liter			Limbah Cair
3	Listrik/Pompa Air	2.800 Watt	Perendaman Kedelai	Kedelai	6.600
	Kedelai	6.000 Kg			Limbah Cair
4	Air	2.400 Liter	Penggilingan Kedelai	Bubur Kedelai	6.600 Kg
	Listrik/Pompa Air	2.800 Watt			
5	Mesin Penggiling	60 Liter	Perebusan Bubur Kedelai	Bubur Kedelai	6.600 Kg
	Kedelai	6.600 Kg			
6	Bubur Kedelai	6.600 Kg	Penyaringan	Limbah Ampas Tahu	45.000 Potong Tahu
	Kayu Bakar	1.500 Biji/Batang			
7	Rebusan Bubur Kedelai	6.600 Kg	Pngendapan dan pemberian soda	SO ₂ ,NO ₂ ,PO ₄	45.000 Potong Tahu
	Soda/Asam Cuka	42.660 Mili Liter			
8	Gumpalan Sari Kedelai	6.642 Kg	Pengepresan tahu dan pemotongan	Produk Tahu	45.000 Potong Tahu

Keterangan : Data Hasil Wawancara Dan Observasi Di UMKM Bapak Lan, 2022



Gambar 4 Bagan Alur Input Dan Output Proses Kegiatan Pembuatan Tahu Di UMKM Bapak Lan

Inventori data pada **Tabel 1** merupakan sebuah proses kegiatan produksi tahu yang ada di UMKM Bapak Lan, dimana pada setiap unit proses produksi mempunyai nilai input dan output material yang berbeda-beda, nilai material pada setiap proses itulah yang nantinya akan dianalisis menggunakan Software OpenLCA untuk melihat seberapa besar nilai *carbon footprint* yang dihasilkan dari proses kegiatan pembuatan tahu yang ada di UMKM tersebut selama 1 bulan, sehingga dari analisis tersebut akan diketahui pada bagian mana proses produksi tahu yang paling besar menghasilkan *carbon footprint*, dan nantinya dapat menjadi sebuah acuan alternatif untuk melakukan sebuah perbaikan pada unit proses yang paling berperan menghasilkan emisi, sehingga dapat mengurangi emisi yang dihasilkan pada setiap proses produksi tahu. Perhitungan terhadap *carbon footprint* seperti diuraikan pada sub bab 3.3.

3.3. Analisis Penilaian Dampak Proses Pembuatan Tahu (Impact Assessment)

Analisis Impact Assessment merupakan tahapan ketiga yang bertujuan untuk mengetahui seberapa besar nilai dan persentase dampak yang ditimbulkan dari sebuah unit-unit proses kegiatan, dimana nilai input dan output pada **Tabel 1** dianalisis menggunakan perhitungan LCA di software OpenLCA, sehingga dari hasil analisis tersebut akan menghasilkan nilai dan persentase pada setiap unit atau tahapan-tahapan dalam kegiatan pembuatan

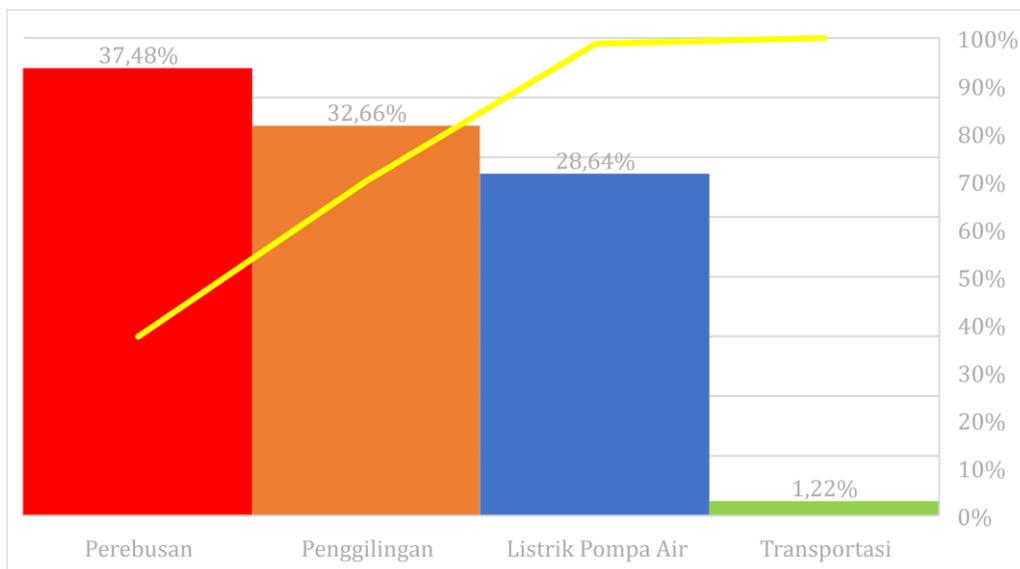
tahu yang memiliki kontribusi menghasilkan *carbon footprint* seperti ditampilkan pada **Tabel 2**.

Berdasarkan hasil analisis yang dapat dilihat pada **Tabel 2**, diketahui bahwa proses kegiatan pembuatan tahu yang ada di UMKM Bapak Lan selama sebulan menghasilkan total *carbon footprint* sebesar 5.231,20 Kg CO₂eq, dimana unit proses kegiatan yang paling besar menyumbangkan emisi terdapat pada proses perebusan bubur kedelai yaitu sebesar 1.960,55 Kg CO₂eq dengan nilai persentase sebesar 37,48 %, mengingat bahwa perebusan bubur kedelai yang ada di UMKM Bapak Lan masih menggunakan kayu bakar. Kayu bakar merupakan jenis bahan bakar yang dikategorikan memiliki emisi yang tinggi dibandingkan dengan Gas LPG maupun biogas (Wahyudi, 2017) dan (Rahmalia et al., 2021). Selain itu, jika dilihat secara fisik, pembakaran kayu akan menghasilkan asap dan debu yang jauh lebih banyak dibandingkan dengan pembakaran gas LPG dan biogas. Nilai dari faktor emisi CO₂, CH₄ dan NO₂ dari hasil pembakaran kayu juga jauh lebih tinggi dibandingkan dengan gas LPG, hal tersebut dikarenakan proses pembakaran kayu tidak sempurna, sehingga selain menghasilkan asap dan debu, pembakaran kayu juga menghasilkan jelaga (Lolo et al., 2021). Dari nilai pareto (garis kuning) seperti yang ditampilkan pada **Gambar 5** terlihat bahwa tahapan perebusan menjadi tahapan yang paling krusial dalam memberikan kontribusi terhadap *carbon footprint* pada pembuatan tahu di sebuah UMKM.

Tabel 2. Unit Kegiatan Yang Memiliki Kontribusi Menghasilkan *Carbon footprint*

No	Unit Proses	Jumlah	Satuan
1	Proses Penggilingan	1.708,29	Kg CO ₂ eq
2	Proses Perebusan	1.960,55	Kg CO ₂ eq
3	Penggunaan Listrik Pompa Air	1.498,29	Kg CO ₂ eq
4	Transportasi	64,07	Kg CO ₂ eq
Total		5.231,20	

Sumber : Hasil Analisis, 2022



Gambar 5. Persentase Kegiatan Yang Memiliki Kontribusi Menghasilkan *Carbon footprint*



Gambar 6. Proses Perebusan Bubur Kedelai



Gambar 7. Proses Penggilingan Kedelai

Proses penggilingan juga memiliki kontribusi sebesar 1.708,29 Kg CO₂eq dengan persentase 32,66 % lebih kecil dari proses perebusan. Proses penggilingan kedelai yang ada di UMKM Bapak Lan menggunakan mesin giling dengan bahan bakar bensin, dimana mesin penggilingan kedelai saat beroperasi menghasilkan gas buangan berupa asap panas. Asap panas yang dihasilkan pada mesin penggiling kedelai diakibatkan oleh pembakaran bensin di dalam mesin tersebut, ketika bensin melalui proses pembakaran di dalam mesin, nantinya akan menghasilkan emisi CO₂ di udara (Sahirman dan Ardiansyah, 2014).

Selanjutnya pada proses penggunaan listrik untuk mesin pompa air juga memiliki kontribusi sebesar 1.498,29 Kg CO₂eq dengan persentase dampak yang dihasilkan sebesar 28,64 %, pemakaian sumber energi listrik yang berlebihan akan menghasilkan emisi, yang mana semakin banyak listrik digunakan maka semakin meningkat pula emisi karbon yang dihasilkan, dan nantinya akan berdampak pada pemanasan global yang memicu terjadinya perubahan iklim secara global maupun mikro (Rahman dan Triyatno, 2021). Penggunaan mesin pompa air pada tahapan proses produksi tahu yang ada di UMKM

Bapak Lan, digunakan untuk proses pencucian kedelai dan perendaman kedelai sebelum masuk pada tahapan proses kegiatan perebusan dan penggilingan yaitu sebesar 64,07 Kg CO₂eq dengan nilai persentase sebesar 1,22 %. Transportasi digunakan untuk mengambil bahan dasar pembuatan tahu yaitu kedelai dan kayu bakar sebagai bahan bakar utama, penggunaan transportasi pastinya juga memerlukan bahan bakar, dimana penggunaan bahan bakar yang digunakan yaitu berupa bensin, sehingga keluaran dari bensin pada kendaraan akan mengeluarkan asap dan emisi CO₂ yang akan mempengaruhi kualitas udara dan dapat memicu perubahan iklim secara global maupun mikro. penggilingan kedelai. Air limbah dari hasil pencucian kedelai dan perendaman kedelai dibuang begitu saja pada sistem jaringan drainase dan nantinya akan mengalir menuju sungai, sehingga akan mencemari kualitas air sungai.

Dengan menggunakan asumsi bahwa 1 potong tahu memiliki berat sekitar 13 gram, maka UMKM Bapak Lan dalam sebulan memproduksi tahu sejumlah 585 Kg. Hasil perhitungan dampak (*carbon footprint*) per kg produk tahu diperkirakan menjadi 8,9 Kg CO₂ eq, dimana hasil carbon footprint produksi tahu di Kota Mataram lebih besar dibandingkan

dengan produksi tahu di Banyuwangi sebesar 1,8 Kg CO₂ eq (Wahyudi, 2017) dan di Banyumas sebesar 1,7 Kg CO₂ eq (Sahirman dan Ardiansyah, 2014). Bahkan produksi 1 kg tahu di Yogyakarta hanya menghasilkan *carbon footprint* sebesar 0,177 Kg CO₂ eq (Kurniawati et al., 2019). Perbedaan ini sangat dimungkinkan sehubungan dengan perbedaan pemilihan metode analisis yang digunakan dan unit fungsi yang diacu.

3.4. Interpretasi/Langkah Perbaikan

Interpretasi hasil merupakan langkah akhir dalam LCA, interpretasi merupakan suatu langkah alternatif untuk memperbaiki proses dari sebuah kegiatan yang berkontribusi memiliki dampak terhadap lingkungan, sehingga dari adanya alternatif-alternatif tersebut nantinya dapat mengurangi dampak yang ditimbulkan dari sebuah proses kegiatan. Adapun dari hasil perhitungan LCA (*Life cycle assessment*) dengan menggunakan software OpenLCA, ditemukan bahwa proses kegiatan pembuatan tahu yang ada di UMKM Bapak Lan yang paling berkontribusi menghasilkan *carbon footprint* paling besar berada pada proses kegiatan perebusan bubur kedelai dengan menggunakan kayu bakar, selanjutnya pada proses penggilingan kedelai dan yang terakhir pada penggunaan listrik untuk menggerakkan pompa air pada proses pencucian dan perendaman kedelai. Maka dari itu langkah perbaikan yang perlu dilakukan antara lain:

1. Proses perebusan bubur kedelai menggunakan kayu bakar diganti dengan sumber energi seperti gas LPG yang minim menghasilkan emisi, selain itu, penerapan teknologi biogas juga dapat dimanfaatkan sebagai pengganti kayu bakar, dimana limbah cair yang dihasilkan dari proses produksi tahu dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi biogas, dikarenakan limbah cair dari tahu mengandung metana (Oesman et al., 2009).
2. Mesin penggilingan kedelai yang telah lama perlu dikontrol dan diservis secara rutin atau diganti dengan mesin penggilingan yang baru, sehingga emisi yang dihasilkan akan jauh lebih sedikit, dikarenakan semakin lama umur mesin yang menggunakan bahan bakar sebagai penggerak, maka jumlah emisi yang dihasilkan justru semakin banyak pula, oleh karena itu mesin perlu rutin dikontrol atau diganti jika umur mesin penggilingan sudah terlalu lama.
3. Pemakaian listrik untuk menggerakkan mesin pompa air sebaiknya jangan terlalu sering digunakan, penggunaan air dari PDAM juga dapat menjadi alternatif untuk mengurangi penggunaan mesin pompa air. Selain itu penggunaan tampungan atau tandon air juga bisa menjadi alternatif untuk mengurangi penggunaan mesin pompa air.

Proses transportasi juga memiliki kontribusi menghasilkan *carbon footprint* namun tidak sebesar pada proses perebusan kedelai, proses penggilingan dan penggunaan listrik untuk pompa air. Oleh karena

itu alternatif yang sesuai untuk mengurangi emisi yang dihasilkan pada kegiatan pengumpulan atau pengambilan bahan baku menggunakan kendaraan, yaitu dengan melakukan perawatan secara rutin pada mesin kendaraan, sehingga tidak terdapat kerak pada mesin yang nantinya akan memperbesar emisi gas buang kendaraan. Penggunaan bahan bakar juga menjadi faktor besarnya emisi buangan pada kendaraan, maka dari itu kendaraan harus menggunakan jenis bahan bakar yang berkualitas, selain dapat mengurangi jumlah emisi buangan, penggunaan bahan bakar yang baik dapat menjaga mesin kendaraan agar tetap dalam kondisi yang baik pula.

4. Kesimpulan

Aplikasi dari LCA telah digunakan dalam berbagai kegiatan antara lain reklamasi (Dube, 2020), substitusi semen (Rutkowska et al., 2021), dan pertanian (Ukwattage et al., 2013). Penggunaan yang luas dari LCA termasuk pada sektor UMKM tahu memberikan kontribusi terhadap aspek pembangunan berkelanjutan.

Dari hasil analisis LCA (*Life cycle assessment*) diketahui bahwa terdapat 4 kegiatan yang memiliki kontribusi menghasilkan *carbon footprint* yaitu kegiatan perebusan (37,48 %), selanjutnya pada proses kegiatan penggilingan kedelai (32,66 %), kegiatan perendaman (28,64 %), dan kegiatan transportasi pengumpulan bahan baku (1,22 %).

Adapun limitasi dari penelitian ini adalah penggunaan database yang masih mengacu pada database luar Indonesia sehubungan Indonesia belum memiliki database inventori sendiri. Pengembangan penelitian dengan mengacu pada *life cycle costing* (Manzo et al., 2018) dan *social life cycle assessment* (UNEP, 2009) akan memberikan gambaran secara utuh terkait dengan aspek pembangunan berkelanjutan dari sebuah industri tahu berbasis UMKM.

DAFTAR PUSTAKA

- Adi, W. B., Muladi, A., Rakhman, F., Rais, A. K., Mustiana, & Adiansyah, J. S. (2022). Dampak Perkembangan Sentra Industri Tahu Tempe Di Kelurahan Abian Tubuh Baru Terhadap Kondisi Lingkungan. *JURNAL ENVIROTEK*, 14(1), 90-97. <https://doi.org/10.33005/envirotek.v14i1.194>
- Adiansyah, J. S., Ningrum, N. P., Pratiwi, D., & Hadiyanto, H. (2019). Kajian Daur Hidup (*Life Cycle Assessment*) dalam Produksi Pupuk Urea: Studi Kasus PT Pupuk Kujang. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 17(3), 522. <https://doi.org/10.14710/jil.17.3.522-527>
- Adiansyah, J.S. (2022). Carbon Emission Reduction using Waste Management Strategy Approach for Improving a Mine Site Environmental Performance. *Chemical Engineering Transactions*, 97, 157-162
- Ciroth, A., Di Noi, C., Lohse, T., Srocka, M. (2021). OpenLCA 1.11 Comprehensive User Manual. GreenDelta. Berlin. Germany
- Dube, S.K. (2020). Strategic plan for ash disposal in abandoned mines filled with acid mine drainage. 445

- International Journal of Scientific and Research Publications*, 10, 709-717
- Hanif, M., & Nofrizal, A. Y. (2017). Hubungan Perkembangan Lahan Terbangun Perkotaan Dengan Fenomena Iklim Mikro Urban Heat Island. *Jurnal Spasial*, 4(3), 97-103. <https://doi.org/10.22202/js.v4i3.2507>
- ISO. (2006). Environmental Management - Life Cycle Assessment - Principles and Framework ISO 14040. Geneva. Switzerland
- Kurniawati, S.D., Supartono, W., Suyantohadi, A. (2019). Life Cycle Assessment on a Small Scale Tofu Industry in Baturetno Village, Bantu District Yogyakarta. *IOP Conference Series: Earth dan Environmental Science*. 2nd International Conference on Agriculture Technology Engineering and Sciences.
- Lolo, E. U., Gunawan, R. I., Krismani, A. Y., & Pambudi, Y. S. (2021). Penilaian Dampak Lingkungan Industri Tahu Menggunakan Life Cycle Assessment (Studi Kasus: Pabrik Tahu Sari Murni Kampung Krajan, Surakarta). *Jurnal Serambi Engineering*, 6(4), 2337-2347. <https://doi.org/10.32672/jse.v6i4.3480>
- Manzo, S., Dong, Y., Miraglia, S., Salling, K.B., (2018). How the inclusion of Life Cycle Impacts affects transport cost-benefit analysis. *European Journal of Transport and Infrastructure Research*. 18, 372-388
- Mariatun, & Jauhari, H. I. (2018). Studi Sanitasi Industri Rumah Tangga dalam Pengelolaan Tahu Tempe di Kelurahan Kekalik Jaya Kecamatan Sekabela. *Jurnal Kajian Penelitian Dan Pengembangan Pendidikan*, 6(1), 34-44. <https://doi.org/https://doi.org/10.31764/geography.v6i1.1415>
- Masayu, R., Ansyori Masruri, Romyzar Arya Putra, Mayanita, Ananda, & Cindy. (2020). Analysis Of Environmental Impact With The Life Cycle Assessment (LCA) Method On Tofu Production. *International Journal of Science, Technology & Management*, 1(4), 428-435. <https://doi.org/10.46729/ijstm.v1i4.73>
- Oesman, R., Rusdijjati, R., & Rosyidi, I. (2009). Pengolahan limbah cair tahu menjadi biogas sebagai bahan bakar alternatif pada industri pengolahan tahu. *Jurnal Litbang Provinsi Jawa Tengah*, 7(2), 213-223. <https://doi.org/https://doi.org/10.36762/jurnaljateng.v7i2.236>
- Rahmalia, I., Nisa, S. K., Palupi, V., Putri, A., & Suryawan, I. W. K. (2021). A Study of the Tofu Industry Environmental Impact Condition and Scenario Treatment Using Life Cycle Assessment Approach. *EPI International Journal of Engineering*, 4(1), 7-13. <https://doi.org/10.25042/epi-ije.022021.02>
- Rahman, H., & Triyatno. (2021). Identifikasi Suhu Permukaan Darat Menggunakan Teknologi Geospasial: Studi Kasus Kota Bukittinggi, Provinsi Sumatera Barat. *Jurnal Sains Informasi Geografi [JSIG]*, 4(1), 1-11. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.31314/j%20sig.v4i1.711>
- Rutkowska, G., Chalecki, M., Żółtowski, M. (2021). Fly ash from thermal conversion of sludge as a cement substitute in concrete manufacturing. *Sustainability*, 13, 1-23
- Sahirman, S., & Ardiansyah. (2014). Perkiraan Carbon footprint Industri Tahu Banyumas Langkah Awal Menuju Industri Hijau. *Seminar Nasional Sains Dan Pendidikan Sains IX*, 5(1), 344-348. http://repository.uksw.edu/bitstream/123456789/4527/2/PROS_S_Sahirman%2CArdiansyah_Perkiraan_Carbon_footprint_fulltext.pdf
- Suhardi, B., Sari, R. P., & Laksono, P. W. (2020). Perbaikan Proses Produksi pada IKM Tahu Sari Murni Mojosongo Menggunakan Metode Good Manufacturing Practice (GMP) dan Work Improvement In Small Enterprise (WISE). *Jurnal INTECH Teknik Industri Universitas Serang Raya*, 6(1), 88-98. <https://doi.org/10.30656/intech.v6i1.2297>
- UNEP. (2009). Guidelines for Social Life Cycle Assessment of Products. Paris CEDEX. France
- Ukwattage, N.L., Ranjith, P.G., Bouazza M. (2013). The use of coal combustion fly ash as a soil amendment in agricultural lands (with comments on its potential to improve food security and sequester carbon). *Fuel*, 109, 400-408
- Wahyudi, J. (2017). Penerapan Life Cycle Assessment untuk Menakar Emisi Gas Rumah Kaca yang Dihasilkan dari Aktivitas Produksi Tahu. *Urecol*, 2(1), 475-480. <http://journal.ummgl.ac.id/index.php/urecol/article/view/719>