

ABSTRAK

Produksi kerupuk rambak pada sektor Usaha Mikro, Kecil, dan Menengah (UMKM) memberikan kontribusi terhadap perekonomian lokal, namun aktivitas produksinya berpotensi menimbulkan dampak lingkungan akibat konsumsi energi, penggunaan bahan bakar, dan limbah. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dampak lingkungan proses produksi kerupuk rambak menggunakan pendekatan *Life Cycle Assessment* (LCA), serta merumuskan prioritas teknis implementasi menggunakan *Green Quality Function Deployment I* (*Green QFD I*). Studi dilakukan pada Industri Kerupuk Rambak UD Lumintu dengan cakupan sistem *gate to gate* dan bantuan software SimaPro menggunakan metode recipe 2016. Hasil analisis LCA menunjukkan bahwa tahapan produksi yang melibatkan konsumsi energi dan bahan bakar. Kategori dampak yang dominan meliputi kesehatan manusia, sumber daya, dan kualitas ekosistem. Hasil LCA kemudian diintegrasikan ke dalam metode *Green Quality Function Deployment I* (*Green QFD I*) ke dalam parameter teknis melalui penyusunan *House of Quality* (HoQ), dengan kriteria lingkungan sebagai *WHATs* dan respon teknis sebagai *HOWs*. Integrasi metode LCA, dan *Green QFD I* menghasilkan urutan prioritas strategi perbaikan teknis yang mampu menurunkan potensi dampak lingkungan yang ditimbulkan pada produksi kerupuk rambak. Pendekatan terintegrasi ini diharapkan dapat menjadi model pengambilan keputusan berbasis keberlanjutan bagi industri kerupuk rambak dan UMKM pangan tradisional lainnya. Penelitian ini mendukung pencapaian *Sustainable Development Goal* (SDG) 9 *Industry, Innovation, and Infrastructure* melalui penerapan praktik produksi yang inovatif dan berkelanjutan pada UMKM.

Kata kunci: *Life Cycle Assessment* , *Green Quality Function Deployment I* ,SimaPro, UMKM, *Cleaner Production*, *Innovation*.

ABSTRACT

The production of rambak crackers in the Micro, Small, and Medium Enterprises (MSME) sector contributes to the local economy; however, its production activities have the potential to cause environmental impacts due to energy consumption, fuel usage, and waste generation. This study aims to analyze the environmental impacts of the rambak cracker production process using a Life Cycle Assessment (LCA) approach and to formulate technical implementation priorities using Green Quality Function Deployment I (Green QFD I). The study was conducted at UD Lumintu Rambak Cracker Industry with a gate-to-gate system boundary, utilizing SimaPro software with the ReCiPe 2016 method. The LCA results indicate that production stages involving energy and fuel consumption are the main contributors to environmental impacts. The dominant impact categories include human health, resources, and ecosystem quality. The LCA results were then integrated into the Green Quality Function Deployment I (Green QFD I) method by translating them into technical parameters through the development of a House of Quality (HoQ), where environmental criteria serve as the WHATs and technical responses as the HOWs. The integration of LCA and Green QFD I methods produces a prioritized sequence of technical improvement strategies aimed at reducing potential environmental impacts in rambak cracker production. This integrated approach is expected to serve as a sustainability-based decision-making model for the rambak cracker industry and other traditional food MSMEs. This study supports the achievement of Sustainable Development Goal (SDG) 9: Industry, Innovation, and Infrastructure by promoting sustainable and innovative production practices in MSMEs.

Keywords: *Life Cycle Assessment, Green Quality Function Deployment I, SimaPro 9, MSMEs, Cleaner Production, Innovation.*

KATA PENGANTAR

Puji Syukur kepada Allah SWT atas limpahan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian ini sebagai bagian dari pemenuhan syarat untuk memperoleh gelar Sarjana (S1). Penulis menyadari bahwa masih terdapat berbagai kekurangan dalam penyusunan skripsi ini, sehingga penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi perbaikan ke depannya. Penyusunan skripsi ini tentunya tidak terlepas dari doa, dukungan semangat, serta bantuan dari berbagai pihak, sehingga penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

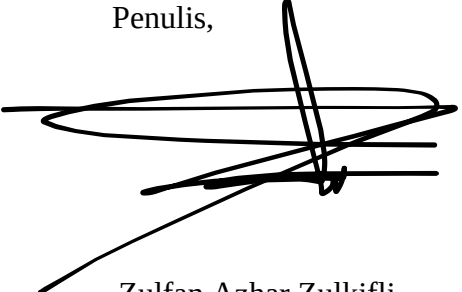
1. Kedua orang tua penulis, Bapak Agung Hariyono dan Ibu Dini Eka Fitriana, yang senantiasa memberikan kasih sayang, dukungan, dan pengorbanan terbaik bagi anak-anaknya. Dengan penuh ketulusan dan kerja keras, mereka tidak pernah berhenti berjuang demi masa depan penulis. Meskipun belum memiliki kesempatan untuk mengenyam pendidikan di bangku perkuliahan, mereka berhasil membesarkan dan mendidik penulis menjadi pribadi yang mandiri, kuat, dan pantang menyerah. Terima kasih atas doa-doa yang selalu dipanjatkan, dukungan yang tak pernah putus, serta kepercayaan yang diberikan kepada penulis untuk menempuh pendidikan hingga jenjang tertinggi. Semoga pencapaian ini dapat menjadi langkah awal bagi penulis untuk membahagiakan dan membanggakan kalian, serta menjadi jalan untuk mengangkat derajat keluarga dengan sebaik-baiknya menurut ridha Allah SWT. Gelar ini penulis persembahkan sebagai bentuk rasa cinta, hormat, dan terima kasih yang tak terhingga kepada kalian berdua.
2. Dosen pembimbing penulis, Ibu Dr. Wenny Findiastuti, S.T., M.T. dan Bapak Yoga Aulia Sulaiman, M.T., yang telah memberikan bimbingan, arahan, serta dukungan dengan penuh kesabaran dan ketulusan selama proses penelitian hingga penyusunan laporan ini. Terima kasih atas waktu, ilmu, dan perhatian yang telah diberikan sehingga penulis mampu menyelesaikan penelitian dan laporan ini dengan baik. Semoga Ibu Wenny dan Bapak Yoga senantiasa diberikan kesehatan, keberkahan, kebahagiaan, serta kesuksesan dalam setiap langkah dan pengabdian.

3. Bapak Dr.Nachnul Ansori, S.T.,M.T. Ibu Sindy Nindia Maretha Haristanti, S.T.P.,M.T selaku penguji terima kasih banyak atas bimbingannya, koreksinya sehingga laporan skripsi ini dapat diperbaiki lebih baik.
4. Seluruh dosen dan staf Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Trunojoyo Madura, yang telah memberikan ilmu pengetahuan, bimbingan, pengalaman, serta berbagai pembelajaran berharga selama penulis menempuh pendidikan dan menjalani proses perkuliahan. Segala dedikasi dan kontribusi yang diberikan menjadi bekal yang sangat berarti bagi penulis dalam menyelesaikan pendidikan serta menghadapi tantangan di masa mendatang.
5. Penulis menyampaikan rasa terima kasih kepada mas Fajar selaku pemilik UMKM atas kesempatan, bantuan, serta kerja sama yang telah diberikan selama proses penelitian ini. Semoga UMKM yang mas Fajar kelola semakin berkembang, sukses, dan terus menjadi inspirasi bagi banyak pihak.
6. Sahabat-sahabat asisten lab EPSK yang sudah saya anggap sebagai keluarga saya sendiri. Sahabat asisten ergo 22, Ghulam yang selalu royal kepada teman teman, King Shola yang sangat sholeh dan mengingatkan untuk sholat, Profesor rovy dengan jaket ergonya yang selalu memberikan dedikasi terbaik selama menjadi koordinator asisten, Owner kopi pangku yuna yang haheho tapi selalu membantu sesama, The nuruls yang suka mengupil tapi asik, Closet si gangster nganjuk yang sangat peduli dan baik hati, Semoga kalian sukses dan selalu diberkahi Allah, sampai jumpa lagi di lain waktu. Kemudian terimakasih kepada epsiker 23 dan 24 yang selalu siap untuk menjadi adik terbaik untuk kakak-kakaknya. Eka dengan karaokenya yang selalu menghibur, Farhan si jomok moker yang awikwok dan selalu menginfo loker, Ikrom yang bisa diandalkan, Elfa si baik dan pualing bucin , Sarah yang suka nangis tapi paling kuat, Zahrotul si paling enjoy dan suka bahasa, Alifia yang tomboy dan asik itu semoga langgeng dengan mas icom. Iqbal, Ridho, Afriza, Victor, Ilham, Rere, Felicia, Fitri semoga terus menjadi pribadi yang baik, Tak lupa terimakasih kepada kakak epsiker 21 dan epsiker 20 yang telah membimbing dan memberikan arahan selama saya dilab, semoga kalian semua diberi kesehatan dan diberi kelancaran dalam setiap urusan.

7. Terimakasih kepada penghuni merging sejati dengan kopi good day cappucino yang selalu dibuat dengan perasaan selalu menemani pada pengerjaan tugas akhir ini, teman teman kontrakan barokah always yang selalu rukun dan selalu membantu satu sama lain, sehat sehat bagi seluruh teman teman merging dan kontrakan barokah always.
8. Untuk diri saya sendiri, terima kasih telah berjuang dan bertahan melewati berbagai tantangan selama proses perkuliahan hingga penyusunan tugas akhir ini. Terima kasih karena tidak menyerah meskipun sering menghadapi rasa lelah, ragu, dan berbagai hambatan yang datang silih berganti. Pencapaian ini merupakan bukti dari kerja keras, kesabaran, dan ketekunan yang telah dilakukan selama ini. Semoga keberhasilan ini menjadi awal yang baik untuk terus berkembang, meraih cita-cita, dan memberikan manfaat bagi banyak orang.

Bangkalan, 12 Juni 2026,

Penulis,



Zulfan Azhar Zulkifli

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	iii
HALAMAN PERNYATAAN ORISINILITAS	iv
ABSTRAK.....	vi
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xv
DAFTAR TABEL	xviii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	5
1.3 Tujuan Penelitian	5
1.4 Manfaat Penelitian	5
1.5 Batasan Penelitian	6
1.6 Sistematika Penulisan	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	8
2.1 UMKM.....	8
2.2 Limbah	9
2.3 <i>Software</i> SimaPro.....	9
2.4 <i>Expert Judgment</i>	10
2.5 Emisi	10
2.6 <i>Life Cycle Assessment (LCA)</i>	11
2.6.1 Tujuan dan Batasan.....	12
2.6.2 Tahapan Metode <i>Life Cycle Assessment (LCA)</i>	13
2.6.3 Interperation	17

2.7 <i>Green Quality Function Deployment I (Green QFD I)</i>	17
2.7.1 House of Quality (HoQ).....	18
2.8 <i>Cleaner Production</i>	19
2.9 Penelitian terdahulu.....	21
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	23
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	23
3.2 Jenis Penelitian.....	23
3.3 Jenis Data	23
3.4 Prosedur Penelitian	24
3.4.1 Studi Literatur	24
3.4.2 Studi Lapangan	24
3.5 Tahap Penelitian.....	25
3.5.1 Tahap Identifikasi Masalah.....	25
3.5.2 Tahap Pengambilan Data	26
3.5.3 Tahap Pengolahan Data	26
3.5.4 Tahap Kesimpulan dan Saran	31
3.6 <i>Flowchart</i> Penelitian	32
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	34
4.1 Gambaran Umum UD. LUMINTU.....	34
4.2 Penilaian <i>Life Cycle Assessment (LCA)</i>	34
4.2.1 Goal and Scope	34
4.2.2 Kajian Live Cycle Inventory (LCI).....	35
4.2.2.1 Perendaman Kulit Sapi.....	36
4.2.2.2 Pencucian Kulit Sapi.....	37
4.2.2.3 Perebusan Kulit Sapi.....	38
4.2.2.4 Pengeringan Kulit Sapi	40

4.2.2.5 Pemotongan Kulit Sapi	41
4.2.2.6 Pengalupan	42
4.2.2.7 Pembubuhan.....	44
4.2.2.8 Penggorengan.....	45
4.2.2.9 Pengemasan.....	47
4.2.3 <i>Life Cycle Impact Assesment (LCIA)</i>	48
4.2.3.1 <i>Life Cycle Impact Assessment Network</i>	49
4.2.3.2 <i>Life Cycle Impact Assesment</i> Tiap Tahap Produksi	49
4.2.3.2.1 <i>Life Cycle Impact Assesment</i> Tahap Perendaman Kulit..	50
4.2.3.2.2 <i>Life Cycle Impact Assesment</i> Tahap Pencucian Kulit.....	52
4.2.3.2.3 <i>Life Cycle Impact Assesment</i> Tahap Perebusan Kulit.....	55
4.2.3.2.4 <i>Life Cycle Impact Assesment</i> Tahap Pengeringan Kulit .	57
4.2.3.2.5 <i>Life Cycle Impact Assesment</i> Tahap Pemotongan Kulit .	59
4.2.3.2.6 <i>Life Cycle Impact Assesment</i> Tahap Pengalupan.....	61
4.2.3.2.7 <i>Life Cycle Impact Assesment</i> Tahap Pembubuhan.....	63
4.2.3.2.8 <i>Life Cycle Impact Assesment</i> Tahap Penggorengan.....	66
4.2.3.2.9 <i>Life Cycle Impact Assesment</i> Tahap Pengemasan.....	68
4.2.3.3 <i>Life Cycle Impact Assesment</i> Seluruh Tahapan	70
4.2.3.3.1 <i>Life Cycle Impact Assesment</i> Tahap Karaterisasi	70
4.2.3.3.2 <i>Life Cycle Impact Assesment</i> Tahap Normalisasi	73
4.2.3.3.3 <i>Life Cycle Impact Assesment</i> Tahap Pembobotan.....	74
4.2.3.3.4 <i>Life Cycle Impact Assesment</i> Tahap Single Score	76
4.2.4 <i>Life Cycle Interpretation</i>	78
4.3 Penyusunan HOQ (<i>House of Quality</i>).....	79
4.3.1 Identifikasi VOE (<i>Voice of Environment</i>).....	79
4.3.2 Penentuan <i>Technical Requirrement</i>	79

4.3.3 Hubungan Karakteristik Teknis	80
4.3.4 Korelasi Respon Teknis	81
4.3.5 Bagian Matriks Teknis	82
4.3.5.1 <i>Corelation Matrix</i>	82
4.3.5.2 <i>Technical Requirement Relative Importance Weight</i>	85
4.3.5.3 <i>Weighting of Absolute Importance of Technical Requiremen</i>	87
4.3.6 <i>House of Quality</i> (HOQ) Keseluruhan.....	90
4.4 Strategi Perbaikan	92
4.5 Perbandingan Setelah Perbaikan.....	95
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	98
5.1 Kesimpulan	98
5.2 Saran.....	99
DAFTAR PUSTAKA.....	100
LAMPIRAN	102

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 konsumsi energi rentang tahun 2019 – 2023.....	1
Gambar 1.2 (a) Limbah cair dan gas pada proses perebusan (b) Sisa air perendaman (c) Minyak jelantah proses penggorengan dan pengalupan	4
Gambar 1.3 Alur integrasi LCA, dan <i>Green QFD I</i>	4
Gambar 2.4 Tahapan LCA	12
Gambar 2.5 Struktur inventaris ReCiPe 2016.....	14
Gambar 2.6 Tahapan karakteristik	15
Gambar 2.7 Normalization.....	15
Gambar 2.8 Weighting.....	16
Gambar 2.9 Single Score	16
Gambar 2.6.10 Corelation value	18
Gambar 2.6.11 House of Quality (HoQ).....	19
Gambar 3.12 Ruang lingkup RECIPE 2016	29
Gambar 3.13 Kerangka <i>House of Quality</i> (HoQ)	30
Gambar 3.14 <i>flowchart</i> penelitian.....	33
Gambar 4.15 alur produksi.....	34
Gambar 4.16 tahap <i>goal and scope</i>	35
Gambar 4.17 <i>input</i> dan <i>output</i> proses perendaman kulit <i>software</i> <i>simaPro</i> ..	37
Gambar 4.18 <i>input</i> dan <i>output</i> proses pencucian kulit <i>software</i> <i>simaPro</i>	38
Gambar 4.19 <i>input</i> dan <i>output</i> proses perebusan kulit <i>software</i> <i>simaPro</i>	40
Gambar 4.20 <i>input</i> dan <i>output</i> proses pengeringan <i>software</i> <i>simaPro</i>	41
Gambar 4.21 <i>input</i> dan <i>output</i> proses pemotongan <i>software</i> <i>simaPro</i>	42
Gambar 4.22 <i>input</i> dan <i>output</i> proses pemotongan <i>software</i> <i>simaPro</i>	44
Gambar 4.23 <i>input</i> dan <i>output</i> proses pembubuhan <i>software</i> <i>simaPro</i>	45
Gambar 4.24 <i>input</i> dan <i>output</i> proses penggorengan <i>software</i> <i>simaPro</i>	46
Gambar 4.25 <i>input</i> dan <i>output</i> proses pengemasan <i>software</i> <i>simaPro</i>	48
Gambar 4.26 <i>Life Cycle Impact Assesment</i> produksi kerupuk rambak.....	49
Gambar 4.27 <i>Life Cycle Impact Assesment Network</i> produksi	49
Gambar 4.28 tahap karakterisasi proses perendaman kulit.....	51
Gambar 4.29 tahap normalisasi proses perendaman kulit.....	51

Gambar 4.30 tahap pembobotan proses perendaman kulit	52
Gambar 4.31 <i>single score</i> proses perendaman kulit	52
Gambar 4.32 tahap pembobotan proses pencucian kulit.....	53
Gambar 4.33 tahap normalisasi proses pencucian kulit.....	53
Gambar 4.34 tahap pembobotan proses pencucian kulit.....	54
Gambar 4.35 tahap <i>single score</i> proses pencucian kulit	54
Gambar 4.36 tahap karakterisasi proses perebusan kulit	55
Gambar 4.37 tahap normalisasi proses perebusan kulit.....	56
Gambar 4.38 tahap pembobotan proses perebusan kulit.....	56
Gambar 4.39 tahap <i>single score</i> proses perebusan kulit	57
Gambar 4.40 tahap karakterisasi proses pengeringan.....	57
Gambar 4.41 tahap normalisasi proses pengeringan.....	58
Gambar 4.42 tahap pembobotan proses pengeringan	58
Gambar 4.43 tahap <i>single score</i> proses pengeringan.....	59
Gambar 4.44 tahap karakterisasi proses pemotongan.....	59
Gambar 4.45 tahap normalisasi proses pemotongan.....	60
Gambar 4.46 tahap pembobotan proses pemotongan	60
Gambar 4.47 tahap <i>single score</i> proses pemotongan.....	61
Gambar 4.48 tahap pembobotan proses pengalupan.....	62
Gambar 4.49 tahap normalisasi proses pengalupan	62
Gambar 4.50 tahap pembobotan proses pengalupan.....	63
Gambar 4.51 tahap <i>single score</i> proses pengalupan	63
Gambar 4.52 tahap karakterisasi proses pembubuhan	64
Gambar 4.53 tahap normalisasi proses pembubuhan.....	64
Gambar 4.54 tahap normalisasi proses pembubuhan.....	65
Gambar 4.55 tahap <i>single score</i> proses pembubuhan.....	65
Gambar 4.56 tahap karakterisasi proses penggorengan	66
Gambar 4.57 tahap normalisasi proses penggorengan.....	67
Gambar 4.58 tahap pembobotan proses penggorengan	67
Gambar 4.59 tahap <i>single score</i> proses penggorengan.....	68
Gambar 4.60 tahap karakterisasi proses pengemasan.....	68
Gambar 4.61 tahap normalisasi.....	69

Gambar 4.62 tahap pembobotan proses pengemasan	69
Gambar 4.63 tahap <i>single score</i> proses pengemasan	70
Gambar 4.64 tahap karakterisasi seluruh proses produksi	71
Gambar 4.65 tahap normalisasi seluruh proses produksi.....	73
Gambar 4.66 tahap pembobotan seluruh proses produksi	74
Gambar 4.67 tahap <i>single score</i> seluruh proses produksi.....	76
Gambar 4.68 hubungan karakteristik teknis	81
Gambar 4.69 hubungan korelasi	82
Gambar 4.70 <i>house of quality</i> (hoq) keseluruhan	90
Gambar 4.71 rancangan instalasi pengolahan limbah dan bak biodigester	93
Gambar 4.71 rancangan tungku	94
Gambar 4.73 <i>Network</i> setelah perbaikan	97

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Data bahan baku produksi.....	2
Tabel 1.2 Jenis limbah yang di hasilkan	3
Tabel 2.3 penelitian terdahulu.....	21
Tabel 3.4 <i>gant chart</i> penelitian	23
Tabel 3.5 data primer dan data sekunder	24
Tabel 3.6 Impact categories RECIPE 2016	28
Tabel 4.7 <i>input</i> dan <i>output</i> proses perendaman.....	36
Tabel 4.8 <i>input</i> dan <i>output</i> proses pencucian kulit.....	37
Tabel 4.9 <i>input</i> dan <i>output</i> proses perebusan kulit.....	39
Tabel 4.10 <i>input</i> dan <i>output</i> proses pengeringan	41
Tabel 4.11 <i>input</i> dan <i>output</i> proses pemotongan	42
Tabel 4.12 <i>input</i> dan <i>output</i> proses pengalupan.....	43
Tabel 4.13 <i>input</i> dan <i>output</i> proses pembubuhan	44
Tabel 4.14 <i>input</i> dan <i>output</i> proses penggorengan	46
Tabel 4.15 <i>input</i> dan <i>output</i> proses pengemasan	47
Tabel 4.16 tahap karakterisasi seluruh proses produksi.....	72
Tabel 4.17 tahap normalisasi seluruh proses produksi	74
Tabel 4.18 tahap pembobotan seluruh proses produksi	75
Tabel 4.19 tahap <i>single score</i> seluruh proses produksi.....	77
Tabel 4.20 <i>life cycle interpretation</i> produksi kerupuk rambak.....	78
Tabel 4.21 atribut	79
Tabel 4.22 <i>technical requirrement</i>	80
Tabel 4.23 rekapitulasi <i>correlation matrik</i>	84
Tabel 4.24 rekapitulasi <i>technical requirement relative importance weight</i> ...	86
Tabel 4.25 <i>weighting of absolute importance of technical requirement</i>	88
Tabel 4.30 perhitungan emisi biogas	95
Tabel 4.31 perbandingan bahan bakar	95
Tabel 4.32 <i>damage category</i> sebelum dan sesudah perbaikan	96

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 alur <i>input</i> , process, <i>output</i> produksi	102
Lampiran 2 Dokumentasi UD LUMINTU.....	104
Lampiran 3 Produk UD LUMINTU	104
Lampiran 4 Bahan Baku UD LUMINTU	104
Lampiran 5 Dimensi Biodigester	105
Lampiran 6 Dimensi Tungku	105