

PEMANFAATAN LIMBAH PADAT INDUSTRI JUS LEMON BERBASIS MINIMISASI LIMBAH

RIENOVIA



**PROGRAM STUDI PENGELOLAAN SUMBERDAYA ALAM DAN LINGKUNGAN
SEKOLAH PASCASARJANA
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2025**



@Hak cipta milik IPBUniversity

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPBUniversity.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPBUniversity.



PERNYATAAN MENGENAI DISERTASI DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa disertasi berjudul “Pemanfaatan limbah padat industri jus lemon berbasis minimisasi limbah” adalah benar karya saya dengan arahan dari komisi pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir disertasi ini.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada Institut Pertanian Bogor.

Bogor, Januari 2025

Rienoviar
P062180191

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPBUniversity.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPBUniversity.

RINGKASAN

RIENOVIA. Pemanfaatan limbah padat industri jus lemon berbasis minimisasi limbah Dibimbing oleh TUN TEDJA IRAWADI, DWI SETYANINGSIH, ANDES ISMAYANA

Konsumsi dan kebutuhan terhadap minuman jus lemon meningkat. Secara umum perkembangan pasar jus diperkirakan pada tahun 2024-2028 meningkat mencapai 4,79 %. Konsumsi jus di Indonesia pada tahun 2021-2022 mencapai 1,33 juta ton. Salah satu industri jus di Tangerang pada tahun 2021-2022 mengolah 80-100 ton lemon per bulan. Kulit jeruk lemonnya dibuang semua ke tempat pembuangan akhir (TPA). Hal ini dapat menyebabkan kerusakan lingkungan. Padahal kulit jeruk mengandung senyawa fungsional yang bermanfaat bagi tubuh diantaranya pektin dan minyak atsiri kulit lemon. Upaya mengatasi limbah dari industri jus lemon dapat dilakukan melalui minimisasi limbah sehingga mencapai *zero waste*. Minyak kulit lemon dan pektin dibutuhkan oleh industri di Indonesia. Produk produk tersebut masih diimpor. Nilai impor minyak kulit lemon tahun 2023 sebesar US\$ 30.399.361, sedangkan nilai impor pektin US\$ 7.633.811. Pengolahan kulit lemon secara langsung dapat menurunkan nilai impor, mendatangkan nilai tambah dan menurunkan emisi karbon.

Sistem pengelolaan minimisasi limbah pada penelitian ini dilakukan dengan lima alternatif, yaitu *Pertama*: pembuangan kulit lemon ke TPA, *Kedua*: kulit lemon diekstraksi minyaknya dan limbahnya dibuang ke TPA, *Ketiga*: kulit lemon diekstraksi minyaknya lalu ampas diekstrak pektinnya, limbah dari ekstraksi pektin dibuang ke TPA, *Keempat*: kulit lemon disuling minyaknya, limbahnya dibuat kompos, *Kelima*: semua kulit lemon dikomposkan.

Tujuan penelitian ini untuk menentukan alternatif terbaik pengolahan kulit jeruk lemon menjadi minyak atsiri, pektin, dan kompos. Adapun tujuan khusus *pertama*: Merancang teknologi proses pengolahan kulit jeruk lemon menjadi minyak atsiri, pektin, dan kompos, *kedua*: Menilai kinerja lingkungan pengolahan kulit jeruk limbah jus lemon, *ketiga*: Menilai kelayakan ekonomi pengolahan kulit jeruk, dan *keempat*: Mengkaji alternatif terbaik pada pengolahan kulit jeruk lemon.

Teknologi proses pengolahan kulit lemon menjadi minyak atsiri menggunakan metode penyulingan cara kohobasi kukus dan rebus. Selanjutnya ampas penyulingan diekstraksi pektinnya dengan variasi kondisi ekstraksi, yaitu pH (2; 2,5; 3; dan 3,5), waktu ekstraksi 1 dan 2 jam, dan suhu ekstraksi (70, 80, dan 90 °C). Pengomposan kulit jeruk lemon dari limbah penyulingan dan jus menggunakan kapur, molases dan *Effective Microorganisms* (EM4). Rasio EM4, molases, dan air adalah 10:10:500.

Penilaian dampak lingkungan dari alternatif pengolahan limbah menggunakan metode *Life Cycle Assessment* (LCA) dengan software SimaPro versi 9.4.0.2 dan data sekunder. Unit fungsional yang digunakan dalam penelitian ini adalah 1 kg kulit jeruk lemon.

Analisis ekonomi dilakukan untuk mengetahui alternatif mana yang mendatangkan nilai tambah terbesar menggunakan parameter *Net Benefit/Cost* (Net B/C), *Pay Back Ratio* (PBR), *Internal Return Rate* (IRR), dan *Net Present Value* (NPV). Perhitungan analisis kuantitatif untuk mendapatkan skala prioritas menggunakan metode AHP. Metode AHP digunakan untuk membandingkan hasil laboratorium dengan pendapat pakar. Pakar berasal dari ilmu lingkungan dan agroindustri.

Hasil penelitian pada teknologi pengolahan kulit lemon menjadi minyak atsiri diperoleh yaitu: metode penyulingan cara kohobasi kukus dan waktu tunda 1 jam lebih baik terhadap rendemen dan kandungan senyawa limonen (79,95 %). Kondisi ekstraksi pektin terbaik diperoleh yaitu jenis limbah jus, waktu ekstraksi 1 jam, pH 2 dan suhu 80 °C. Pektin tergolong sebagian besar bermetoksil rendah sesuai standar SNI Pektin No 01-2238-1991. Pengomposan terbaik yaitu: kulit jeruk limbah jus menggunakan penambahan kapur, molases, dan EM4 memenuhi SNI 03-3242-1994 menghasilkan karakteristik kompos dengan kandungan mineral yang terdiri dari: kalium, kalsium, magnesium, natrium, sulfur, fosfor lebih besar dibanding kompos dari limbah penyulingan.

Alternatif 3 menghasilkan NPV terbesar yaitu Rp 22.886.034,00, dan emisi terbesar (5,756 kg CO₂ eq), sementara alternatif 5 menghasilkan emisi terkecil (0,521 kg CO₂ eq) dan keuntungan terkecil (Rp 1.040.434,00), alternatif 4 NPV (Rp 6.945.565,00). Apabila dibandingkan dengan IRR alternatif 3 sebesar 28,19, alternatif 5 sebesar 33,36%, alternatif 4 sebesar 31,85. IRR alternatif 5 paling besar, artinya menunjukkan bahwa investasi tersebut lebih efisien dan menguntungkan karena dianggap layak secara ekonomi, karena investasi dari alternatif 5 kecil, sedangkan alternatif 3 lebih besar. Alternatif 4 lebih efisien dari alternatif 3 karena investasinya tidak terlalu besar. Rasio B dan C dari alternatif 5 dan 4 tinggi yaitu 6,2, dan 2,98 artinya lebih banyak untung daripada biaya yang dikeluarkan, karena alternatif 5 memberikan manfaat *Non-Monetary* seperti peningkatan kualitas hidup dan manfaat lingkungan. *Pay Back Period* (PBP) alternatif 3 lebih besar dari 4, dan 5 secara berturut-turut adalah 4,84; 3,74; dan 3,8. Jangka waktu yang diperlukan pada alternatif 3 untuk mengembalikan nilai investasi memerlukan waktu lebih lama.

Perhitungan AHP menghasilkan bobot terbesar pada alternatif 4 sebesar 0,3419, limbah dikomposkan semua namun masih menghasilkan nilai tambah relatif besar. Kesimpulan pada penelitian ini, yaitu teknologi pengolahan kulit lemon menjadi minyak atsiri diperoleh dari metode kohobasi kukus dan ekstraksi pektin dari bahan kulit jeruk limbah jus dengan kondisi ekstraksi yaitu: pH 2, suhu ekstraksi 80 °C, waktu ekstraksi 1 jam. Kompos dari limbah jus menghasilkan unsur mineral lebih tinggi dan waktu pengomposan lebih cepat 3 hari dibanding kompos dari limbah penyulingan. Alternatif 4 menghasilkan emisi karbon dan analisis ekonomi tidak terlalu kecil namun tidak menghasilkan limbah. Alternatif pengolahan kulit jeruk yang disarankan adalah alternatif 4.

Kata kunci: analisis ekonomi, *analysis hierarchi process* (AHP), emisi karbondioksida, kohobasi, kompos, pektin,



SUMMARY

RIENOVIA. Utilization of solid waste from the lemon juice based on waste minimization Supervised by TUN TEDJA IRAWADI, DWI SETYANINGSIH, ANDES ISMAYANA

Consumption and demand for drinking lemon juice are increasing. In general, the development of the juice market is estimated to increase by 4.79% in 2024-2028. Juice consumption in Indonesia in 2021-2022 reached 1.33 million tons. One of the juice industries in Tangerang in 2021-2022 processes 80-100 tons of lemons per month. The lemon peel is all disposed of in landfills. This can cause environmental damage. Even though orange peel contains functional compounds that are beneficial to the body, including pectin and lemon peel essential oil. Efforts to overcome waste from the lemon juice industry can be done through waste minimization. Lemon peel oil and pectin are needed by industries in Indonesia. The products are still imported. The import value of lemon peel oil in 2023 is US\$ 30,399,361, while the import value of pectin is US\$ 7,633,811. If this lemon peel can be used, it can directly reduce the import value, bring added value and Lowering Carbon Emissions.

The waste minimization management system in this study is carried out with five alternatives, namely First: the disposal of lemon peels into the landfill as a control treatment, Second: the lemon peel is extracted from the oil and the waste is disposed of in the landfill, Third: the lemon peel is extracted from the oil and then the pulp is extracted from the pectin, the waste from pectin extraction is disposed of in the landfill, Fourth: the lemon peel is distilled in oil, the waste is made into compost, Fifth: The lemon peel is composted entirely.

The purpose of this study is to determine the best alternative for processing lemon peel into essential oils, pectin, and compost. The specific objectives are first: Designing the technology for processing lemon peels into essential oils, pectin, and compost, second: Assessing the environmental performance of processing orange peel waste from the lemon juice industry, third: Assessing the economic feasibility of processing orange peels, and fourth: Examining the best alternatives to the lemon peel processing process using the Analysis Hierarchy Process (AHP).

The technology of the process of processing lemon peel into essential oil uses the distillation method of cohobing steamed and boiled. Furthermore, the distillation pulp is extracted from pectin by treatment of variations in extraction conditions, namely pH (2; 2.5; 3; and 3.5), extraction time of 1 and 2 hours, and extraction temperature (70, 80, and 90 °C). Composting lemon peel from waste juice and distillation using lime, molasses and Effective Microorganisms (EM4). The ratio of EM4, molasses, and water is 10:10:500.

Environmental impact assessment of waste treatment alternatives using the Life Cycle Assessment (LCA) method using SimaPro software version 9.4.0.2 and secondary data. The functional unit used in this study is 1 kg of lemon peel.

Economic analysis was carried out to find out which alternatives bring the most added value using the parameters of Net Benefit/Cost (Net B/C), Pay Back Ratio (PBR), Internal Return Rate (IRR), and Net Present Value (NPV). Quantitative analysis calculations to obtain priority scales using the AHP method. The AHP method is used to compare laboratory results with expert opinions. Experts come from environmental science and agroindustry.

The results of the research on the technology of processing lemon peel into essential oil were obtained, namely: the distillation method, the steaming cohobing method and the delay time of 1 hour were better for the yield and content of limonene compounds (79.95%). The best pectin extraction conditions were obtained were the type of lemon peel of juice waste, extraction time 1 hour, pH 2 and temperature 80 oC. Pectin is classified as mostly low methoxyl and meets the SNI Pektin standard No. 01-2238-1991. The best composting is: orange peel juice waste using the addition of lime, molasses, and EM4 meets SNI 03-3242-1994 to produce compost characteristics with mineral content consisting of: potassium, calcium, magnesium, sodium, sulfur, phosphorus greater than compost from distillation waste.

Alternative 3 produces the largest NPV of Rp 22,886,034.00, and produces the largest emissions (5,756 kg CO₂ eq) per kg of lemon peel, while alternative 5 produces the smallest emissions (0.521 kg CO₂ eq) and the smallest profit (Rp 1,040,434.00), alternative 4 of Rp 6,945,565.00. When compared to the IRR of alternative 3 of 28.19, alternative 5 is 33.36%, and alternative 4 is 31.85. Alternative 5 IRR is the largest, meaning that it indicates that the investment is more efficient and profitable because it is considered economically feasible, because the investment of alternative 5 is small, while alternative 3 is larger. Alternative 4 is more efficient than alternative 3 because the investment is not very large. The B and C ratios of alternatives 5 and 4 are high, namely 6.2, and 2.98, meaning that the profit is more than the cost incurred. Alternative 5 provides Non-Monetary benefits such as improving the quality of life and environmental benefits. Pay Back Period (PBP) of Alternative 3 is greater than 4, and 5 is 4.84 respectively; 3,74; and 3.8. The timeframe required on alternative 3 to return the value of the investment takes longer to return.

The AHP calculation produces the largest weight in alternative 4 of 0.3419, the waste is composted but still produces a relatively large added value. The conclusion of this study is that the technology of processing lemon peel into essential oil was obtained from the steaming cohobing method and pectin extraction from orange peel material from juice waste with extraction conditions, namely: pH 2, extraction temperature 80 °C, extraction time 1 hour. Compost from juice waste produces higher mineral elements and composting time is 3 days faster than compost from distillation waste. Alternative 4 produces carbon emissions and economic analysis is not too small but does not produce waste. The recommended alternative to processing orange peel is alternative 4. .

Key word: analysis hierarchi process (AHP), carbondioxide emission, cohobation, compost, financial analysis, pectin,



PEMANFAATAN LIMBAH PADAT INDUSTRI JUS LEMON BERBASIS MINIMISASI LIMBAH

RIENOVIA R

Disertasi
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Doktor
pada Program Studi Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan

**PENGELOLAAN SUMBERDAYA ALAM DAN LINGKUNGAN
SEKOLAH PASCASARJANA
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2025**

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPBUniversity.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPBUniversity.

Penguji Luar Komisi Pembimbing pada Ujian Tertutup Disertasi:

1. Dr Ir. Arief Arianto, M.Sc. Agr.
2. Dr Ir. Meika Syahbana Rusli, M.Sc. Agr.

Penguji Luar Komisi Pembimbing pada Sidang Promosi Terbuka Disertasi:

1. Dr Ir. Arief Arianto, M.Sc. Agr.
2. Dr Ir. Meika Syahbana Rusli, M.Sc. Agr.



Judul Disertasi: Pemanfaatan Limbah Padat Industri Jus Lemon Berbasis Minimisasi Limbah

Nama : Rienoviar
NIM : P062180191

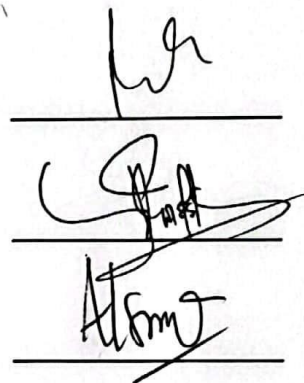
@Hak cipta milik IPB University

Disetujui oleh

Pembimbing 1:
Prof. Dr. Ir. Tun Tedja Irawadi, M.S.

Pembimbing 2:
Dr. Dwi Setyaningsih, S.TP., M.Si.

Pembimbing 3:
Dr. Andes Ismayana, S.TP., M.T.



Diketahui oleh

Ketua Program Studi:
Prof. Dr. Ir. Widiatmaka, DAA
NIP 196212011987031002

Dekan Sekolah Pascasarjana
Prof. Dr. Ir. Dodik Ridho Nurrochmat, M.Sc.F. Trop.
NIP 197003291996081001

Tanggal Ujian tertutup : 22 Juli 2024
Tanggal Promosi Terbuka: 23 Desember 2024

Tanggal Lulus: 23 Desember 2024

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah subhanaahu wa ta'ala atas segala karunia-Nya sehingga karya ilmiah ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam penelitian yang dilaksanakan yaitu: mengelola limbah jus lemon untuk mengurangi efek gas rumah kaca, dengan judul “Pemanfaatan Limbah Industri Jus Lemon Berbasis Minimisasi Limbah”.

Terima kasih penulis ucapkan kepada para pembimbing, Prof. Dr. Ir. Tun Tedja Irawadi, M.S., Dr. Dwi Setyaningsih, S.TP. M.Si., Dr. Andes Ismayana, S.TP., M.T. yang telah membimbing, memberi *support* dan banyak memberi saran. Ucapan terima kasih disampaikan kepada Ka Prodi PSL Prof. Widi Atmaka dan Prof. Lina sebagai Wakil Prodi. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Penguji luar komisi Bapak Dr. Ir. Meika Syahbana Rusli, M.Sc.Agr dari TIP IPB dan Bapak Dr. Arief Arianto, M.Sc.Agr dari Pusat Riset Agroindustri, Organisasi Riset Pertanian dan Pangan, BRIN yang banyak memberi masukan untuk penyempurnaan disertasi ini, penghargaan penulis sampaikan kepada Bapak Dr. Joko Supono, Bapak Andri Susanto S.TP., Bapak Asnawi dan kawan-kawan dari PT. Amanah Prima Indonesia yang telah membantu dalam menyediakan bahan baku berupa kulit jeruk lemon dan izin penggunaan alat ekstraksi pektin di pabrik PT. Amanah Prima Indonesia. Buat teman teman PSL IPB Angkatan 2018 yang telah memberikan *support* dan kebersamaannya selama menjalani studi S3 di PSL-IPB. Teman-teman PSL IPB Angkatan 2022-2024, Ucapan terima kasih kepada Sarah dan agy dari Halal Science Centre, Disti, Imma dan Bu Lintje. Ucapan terima kasih juga kepada Bapak Subur dan Ibu Herlin Sekretariat PSL IPB yang telah banyak memberikan bantuan demi kelancaran *study* saya dan juga kepada rekan rekan Tim di Pascasarja IPB, dan kawan kawan yang tidak dapat disebutkan namanya satu persatu. Ungkapan terima kasih juga disampaikan kepada Bapak Ridho bin Jamhur Kartawijaya (alm), dan Ibu Yulismar (alm), serta kepada suami Dr. Ir. Hildanus, M.Si. dan anak anak Vilda Desryma S.Si., M.Si. dan suami, Khairunisa S.T. dan suami, ananda Zafiirah Anis Marhamah yang telah memberikan dukungan, doa, dan kasih sayangnya sehingga selesainya *study* saya di IPB.

Semoga Disertasi ini bermanfaat bagi pihak yang membutuhkan dan bagi kemajuan ilmu pengetahuan.

Bogor, Januari 2025

Rienoviar
P060180191

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Kerangka Pikir	3
1.4 Tujuan Penelitian	4
1.5 Manfaat	5
1.6 Ruang Lingkup	5
1.7 Kebaruan (<i>novelty</i>)	5
TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Anatomi Jeruk	6
2.2 Teknologi Pemanfatan Limbah Industri Jus Jeruk (Minyak Atsiri, Pektin, Kompos)	7
2.3 Penilaian Lingkungan Berdasarkan Minimisasi Limbah	12
2.4 Perhitungan Emisi GRK	13
2.5 Analisis Kelayakan Ekonomi	15
2.6 <i>Net Benefit and Cost Ratio</i> (NetB/C)	16
2.7 Penentuan Prioritas Pengelolaan Limbah Kulit Jeruk Lemon Berbasis Minimisasi Limbah Dengan Menggunakan Metode <i>Analytical Hierarchy Process</i> (AHP)	17
III METODE	19
3.1. Waktu dan Tempat Penelitian	19
3.2. Bahan dan Alat	19
3.3. Metodologi Penelitian	19
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	28
4.1. Teknologi Pemanfatan Limbah Industri Jus Jeruk Lemon Menjadi Minyak Atsiri, Pektin, dan Kompos	28
4.2. Perhitungan Emisi Karbon dari Alternatif Pengelolaan Limbah Jus Lemon	38
4.3. Analisis Ekonomi Perhitungan Alternatif Alternatif Pengolahan Kulit Jeruk Limbah Industri Jus Lemon	45
4.4. Penentuan Prioritas Pengelolaan Limbah Kulit Jeruk Lemon Berbasis Minimisasi Limbah Dengan Menggunakan Metode <i>Analytical Hierarchy Process</i> (AHP)	47
V SIMPULAN DAN SARAN	51
5.1. Simpulan	51
5.2. Saran	51
DAFTAR PUSTAKA	52
LAMPIRAN	63
RIWAYAT HIDUP	69



DAFTAR TABEL

1	Standar mutu pektin	10
2	SNI Kompos 19-7030-2004	12
3	Potensi <i>global warming</i> (GWP)	14
4	Skala penilaian perbandingan berpasangan	24
5	Jenis dan sumber data dalam penelitian	25
6	Metode penelitian pengelolaan limbah jus lemon	26
7	Pengaruh lama waktu tunda dan metode kohobasi terhadap rendemen minyak kulit lemon	28
8	Pengaruh waktu tunda terhadap komposisi senyawa aroma minyak kulit lemon	29
9	Analisis kulit jeruk lemon	36
10	Analisis kompos kulit jeruk lemon	37
11	Inventory alternatif 1	39
12	Keterangan proses untuk menghitung emisi karbon	39
13	Inventory alternatif 2	40
14	Inventory alternatif 3	40
15	Inventory alternatif 4	42
16	Inventory alternatif 5	43
17	Karakterisasi dampak per 1 kg kulit jeruk lemon	44
18	Analisis ekonomi alternatif pengelolaan limbah industri jus lemon	46
19	Elemen tujuan pengolahan limbah industri jus lemon	47
20	Elemen faktor yang mempengaruhi pengolahan limbah jus lemon	48
21	Alternatif yang mempengaruhi pengolahan limbah kulit jeruk lemon	49

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



DAFTAR GAMBAR

1	Kerangka pikir	4
2	Anatomi buah jeruk lemon	6
3	Rumus bangun limonen	7
4	Skema perubahan protopektin menjadi pektin dan asam pektat (Ristyaningsih <i>et al.</i> 2014)	8
5	Struktur pektin (Beikeiri <i>et al.</i> 2021)	8
6	Model struktur pektin yang menampilkan homogalakturonan (HG) rhamnogalakturonan-I (RG-I) dan rhamnogalakturonan-II (RG-II) (Noreen <i>et al.</i> 2017)	9
7	Kulit jeruk lemon yang digunakan dalam penelitian ini	19
8	Struktur hierarki pengolahan kulit jeruk lemon	25
9	Diagram alir penelitian	27
10	Pengaruh jenis limbah dan suhu terhadap kadar air pektin	30
11	Pengaruh jenis limbah, waktu, suhu dan pH terhadap kadar air pektin	31
12	Pengaruh jenis limbah, suhu, pH, dan lama waktu ekstraksi terhadap rendemen pektin	32
13	Pengaruh jenis limbah, pH, suhu, dan lama waktu ekstraksi terhadap kandungan metoksil pektin	33
14	Pengaruh jenis limbah, suhu, dan pH ekstraksi terhadap AAU pektin	34
15	Pengaruh waktu, suhu, dan pH ekstraksi terhadap kadar AAU pektin	34
16	Pengaruh jenis limbah, waktu, dan suhu ekstraksi terhadap derajat esterifikasi pektin	35
17	Proses dekomposisi aerob dan anaerob bahan organik (Suprihatin <i>et al.</i> 2008)	37
18	Perubahan suhu dan pH selama proses pengomposan	38
19	Neraca masa alternatif 1	38
20	Neraca masa alternatif 2	39
21	Neraca masa alternatif 3	41
22	Neraca masa alternatif 4	42
23	Neraca masa alternatif 5	43
24	Struktur hierarki pengelolaan kulit jeruk lemon berbais minimisasi limbah	47

DAFTAR LAMPIRAN

1	Data karakteristik pektin	63
2	Analisis ekonomi	65