

**KARAKTERISASI GULA CAIR NIRA BATANG KELAPA SAWIT TUA
(*Elaeis guineensis* Jacq) DAN ANALISIS TEKNOEKONOMI**

(Tesis)

Oleh:

**Radya Yogautami
2224051015**



**JURUSAN MAGISTER TEKNOLOGI INDUSTRI PERTANIAN
PROGRAM PASCASARJANA
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
2024**

ABSTRACT

CHARACTERIZATION OF LIQUID SUGAR FROM THE SAP OF OLD OIL PALM TRUNK (*Elaeis guineensis* Jacq) AND TECHNO-ECONOMIC ANALYSIS

By

RADYA YOGAUTAMI

Oil palm plantations in Indonesia are growing rapidly from year to year, thus positioning Indonesia as the largest oil palm production country in the world. Old oil palm trunks produced during the replanting period have the potential to be used as sugar because of their sugar content in palm sap. This research aims to determine the effect of heating temperature on the chemical characteristics and quality of liquid sugar from palm oil sap, as well as determine the feasibility of the technical and financial aspects of the liquid sugar agroindustry. This research was carried out in four stages; sap extraction and collection, liquid sugar processing, characterization, and techno-economic analysis. The results show that heating temperature influenced the quality of the sugar. A hotplate temperature of 400°C with $\pm 95^\circ\text{C}$ cooking temperature is the best treatment with a Brix degree value of 69.5°; pH 5.89; 37% water content; 3.3% ash content and 25.2% yield. The results of the sugar profile analysis showed a 33% glucose content, 16% fructose content, and no sucrose content was detected. The HMF levels were 107 mg/kg, the high levels of HMF were due to sugar being exposed to high heating temperatures for a long time. Therefore, the techno-economic analysis was carried out using the open cooking method because when heated using a hot plate the liquid sugar produced had high levels of HMF. Agroindustry processing liquid sugar made from palm sap is feasible to be established with an NPV value of IDR 1,007,489,609; IRR 22.04%; Net B/C 1.25; PBP 4.1 years; BEP units 91,284 bottles; The Rupiah BEP is IDR 1,100,748,999 and the business will be still viable if there is an increase in fuel of up to 20%.

Keywords: *liquid sugar, oil palm sap, techno-economics analysis*

ABSTRAK

KARAKTERISASI GULA CAIR NIRA BATANG KELAPA SAWIT TUA (*Elaeis guineensis* Jacq) DAN ANALISIS TEKNOEKONOMI

Oleh

RADYA YOGAUTAMI

Perkebunan kelapa sawit di Indonesia berkembang pesat dari tahun ke tahun yang membuat Indonesia menjadi negara penghasil minyak kelapa sawit terbesar di dunia. Batang tua kelapa sawit yang dihasilkan dalam periode waktu replanting berpotensi dimanfaatkan menjadi gula karena terdapat kadar gula yang tinggi pada nira kelapa sawit. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui pengaruh suhu pemanasan terhadap karakteristik dan mutu kimia gula cair, juga mengetahui kelayakan pada aspek teknis, finansial agroindustri gula cair. Penelitian ini dilakukan dengan empat tahapan; ekstraksi dan pengumpulan nira, pengolahan gula cair, karakterisasi, dan analisis tekno ekonomi. Hasil penelitian menunjukkan suhu pemanasan memiliki pengaruh terhadap kualitas gula yang dihasilkan. Suhu pemanasan 400°C pada hotplate dengan suhu pemasakan $\pm 95^{\circ}\text{C}$ merupakan perlakuan terbaik dengan nilai derajat brix 69,5°; pH 5,89; kadar air 37%; kadar abu 3,3% dan rendemen 25,2%. Hasil analisis profil gula menunjukkan kandungan glukosa sebesar 33%, fruktosa 16% dan tidak terdeteksi adanya kandungan sukrosa. Kadar HMF yang dihasilkan 107 mg/kg, tingginya kadar HMF diakibatkan gula terpapar pada suhu pemanasan yang tinggi dalam waktu yang lama. Oleh karena itu analisis tekno ekonomi dilakukan dengan metode pemasakan terbuka dikarenakan pada pemanasan menggunakan hot plate gula cair yang dihasilkan memiliki kadar HMF yang tinggi. Agroindustri pengolahan gula cair berbahan nira kelapa sawit layak didirikan dengan nilai NPV Rp 1.007.489.609; IRR 22,04%; Net B/C 1,25; PBP 4,1 tahun; BEP unit 91.284 botol; BEP rupiah Rp 1.100.748.999 dan usaha masih layak apabila terjadi kenaikan bahan bakar sampai 20%.

Kata kunci: gula cair, nira kelapa sawit, analisis teknoekonomi

**KARAKTERISASI GULA CAIR NIRA BATANG KELAPA SAWIT TUA
(*Elaeis guineensis* Jacq) DAN ANALISIS TEKNOEKONOMI**

**Oleh:
Radya Yogautami**

Tesis

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
MAGISTER TEKNOLOGI PERTANIAN

Pada

Program Pascasarjana Magister Teknologi Industri Pertanian
Fakultas Pertanian Universitas Lampung



**PROGRAM PASCASARJANA
TEKNOLOGI INDUSTRI PERTANIAN
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
2024**

Judul Tesis : **KARAKTERISASI GULA CAIR NIRA
BATANG KELAPA SAWIT TUA (*Elaeis
guineensis Jacq*) DAN ANALISIS
TEKNOEKONOMI**

Nama Mahasiswa : **Radya Yogautami**

Nomor Pokok Mahasiswa : 2224051015

Program Studi : Magister Teknologi Industri Pertanian

Fakultas : Pertanian

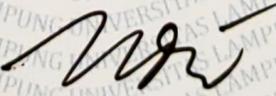


1. Komisi Pembimbing


Prof. Dr. Eng. Ir. Udin Hasanudin, M.T.
NIP 19640106 198803 1 002


Dr. Ir. Siti Nurdjanah, M. Sc.
NIP 19620720 198603 2 001

2. Ketua Program Studi Magister Teknologi Hasil Pertanian


Prof. Dr. Eng. Ir. Udin Hasanudin, M.T.
NIP 19640106 198803 1 002

MENGESAHKAN

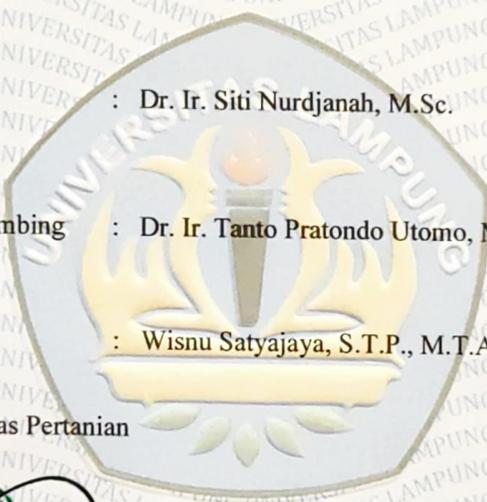
1. Tim Penguji

Ketua : Prof. Dr. Eng. Ir. Udin Hasanudin, M.T.

Sekretaris : Dr. Ir. Siti Nurdjanah, M.Sc.

Penguji
Bukan Pembimbing : Dr. Ir. Tanto Pratondo Utomo, M.Si

: Wisnu Satyajaya, S.T.P., M.T.A., Ph.D

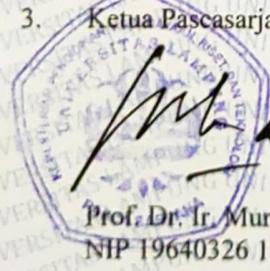


2. Dekan Fakultas Pertanian



Dr. Kusyanta Futas Hidayat, M.P.
NIP 196411178 198902 1 002

3. Ketua Pascasarjana Fakultas Pertanian



Prof. Dr. Ir. Murhadi, M.Si.
NIP 19640326 198902 1 001

Tanggal Lulus Ujian Tesis: 14 Juni 2024

PERNYATAAN KEASLIAN HASIL KARYA

Saya Radya Yogautami NPM 2224051015

Dengan ini menyatakan bahwa apa yang tertulis dalam karya ilmiah ini adalah hasil kerja saya sendiri yang berdasarkan pengetahuan dan data yang telah saya dapatkan. Karya ini tidak berisi material yang telah dipublikasikan sebelumnya atau dengan kata lain bukanlah dari hasil plagiat karya orang lain.

Demikianlah pernyataan ini saya buat dan dapat dipertanggungjawabkan. Apabila dikemudian hari terdapat kecurangan dalam karya ini, maka saya siap mempertanggungjawabkannya.

Bandar Lampung, Juni 2024

Pembuat Pernyataan



Radya Yogautami

NPM. 2224051015

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Yogyakarta pada 30 Oktober 1999 sebagai anak ketiga dari tiga bersaudara, dari pasangan Bapak Satria Alam dan Ibu Zahra. Penulis mengawali pendidikan formal di Sekolah Dasar di SDN 4 Tanjung Aman, Kotabumi, Lampung Utara, yang diselesaikan pada 2011, Sekolah Menengah Pertama di SMPN 7 Kotabumi, Lampung Utara yang diselesaikan pada 2014, Sekolah Menengah Atas di SMAN 2 Bandar Lampung yang diselesaikan pada 2017 dan pendidikan S1 Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung yang diselesaikan pada 2021.

SANWACANA

Alhamdulillah robbil'aalamin, penulis panjatkan kehadiran Allah SWT, yang telah melimpahkan rahmat-Nya hingga penulis dapat menyelesaikan tesis yang berjudul "Karakterisasi Gula Cair Nira Batang Kelapa Sawit Tua (*Elaeis guineensis Jacq*) dan Analisis Teknoekonomi". Tesis ini diajukan untuk memenuhi syarat dalam memperoleh gelar pada Program Studi Magister Teknologi Industri Pertanian di Universitas Lampung. Pada kesempatan ini penulis menyampaikan terimakasih atas segala dukungan, dan bimbingan selama proses studi dan juga selama proses penyusunan tesis ini. Penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Ibu Prof. Dr. Ir. Lusmeilia Afriani, D.E.A., I.P.M., selaku Rektor Universitas Lampung;
2. Bapak Dr. Ir. Kuswanta Futas Hidayat, M.P., selaku Dekan Fakultas Pertanian, Universitas Lampung;
3. Bapak Prof. Dr. Murhadi, M.Si., selaku Direktur Program Pascasarjana Universitas Lampung;
4. Bapak Prof. Dr. Eng. Ir. Udin Hasanudin, M.T., selaku Ketua Program Studi Magister Teknologi Industri Pertanian serta selaku pembimbing utama atas kesabarannya dalam membimbing penulis dan memberikan motivasi, juga arahan, nasihat serta fasilitas selama penyusunan tesis;
5. Ibu Dr. Ir. Siti Nurdjanah, M. Sc. selaku pembimbing kedua atas ketulusan hati, kesabarannya dalam membimbing penulis dan memberikan motivasi, arahan, dan nasihat serta fasilitas yang diberikan selama penyusunan tesis;
6. Bapak Dr. Ir. Tanto Pratondo Utomo, M.Si. selaku pembahas pertama atas bantuan, nasihat, juga saran dalam penyusunan tesis ini;
7. Bapak Wisnu Satyajaya, S. T. P., M. T. A., Ph. D. selaku pembahas kedua atas bantuan, nasihat, juga saran dalam penyusunan tesis ini;

8. Bapak Dr. Ir. Samsul Rizal, M.Si. selaku pembimbing akademik yang telah memberikan bimbingan dan arahan kepada penulis selama perkuliahan;
9. Bapak dan Ibu dosen pengajar, staf administrasi, dan laboratorium di Pascasarjana MTIP juga Jurusan THP, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung atas bimbingan, juga arahnya kepada penulis;
10. Keluargaku tercinta Mama, Papa, Puset, Suhunan, Gusti, Agungan dan keponakanku Bia juga Cio atas semua dukungan, kasih sayang, nasehat, materi, dan keceriaan yang menyertai penulis dalam doanya selama ini;
11. Keluarga besar Laboratorium Pengelolaan Limbah Agroindustri THP FP Unila: Bapak Joko, Mba Amel, Asha Aunaya La A., Mas Teguh, Mas Vico, Mba Nurbaiti, Nisa, Mario, Febri, Aji, Alip, Masdiah, Aurel, Meisya dan semua pihak yang telah banyak membantu penulis dalam menyelesaikan penelitian dengan memberikan dukungan, semangat juga keceriaan;
12. Rekan seperjuanganku tersayang di Laboratorium Pengelolaan Limbah Agroindustri Asha Aunaya La A. Terimakasih atas kerjasama dalam penyusunan tesis, kebersamaan, dan suka duka selama penelitian;
13. Sahabat-sahabatku tercinta Sahira, Mela, Novita, Hafidz Yugo, Jisa, Bera, Andara, Ceria, Shinta, Alda, Gita serta teman-temanku keluarga besar MTIP 2022 tercinta atas dukungan, bantuan, semangat, keceriaan, suka duka, serta kebersamaannya selama penulis menyelesaikan tesis ini;

Penulis menyadari bahwasanya skripsi ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh sebab itu penulis mengharapkan saran dan kritik yang bersifat membangun untuk karya yang lebih baik. Akhirnya penulis berharap semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi penulis pada khususnya maupun kepada pembaca. Aamiin.

Bandar Lampung, Juni 2024

Penulis,

Radya Yogautami

DAFTAR ISI

	Halaman
SANWACANA	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR GAMBAR	vi
I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Tujuan Penelitian	3
1.3. Kerangka Pemikiran.....	3
II. TINJAUAN PUSRTAKA	5
2.1 Tanaman Kelapa Sawit	5
2.2 Gula Cair Nira Sawit.....	8
2.3 Teori Pemanasan Terbuka.....	10
2.4 Potensi Batang Tua Kelapa Sawit	10
2.5 Sifat Fisik dan Kimia Nira Sawit	11
2.5.1 Total Padatan Terlarut ($^{\circ}$ Brix)	12
2.5.2 Kadar Air dan Kadar Abu	12
2.5.3 Derajat Keasaman (pH)	13
2.5.4 Total Gula (<i>Total Sugar</i>)	13
2.5.5 Hidroksimetilfurfural (HMF).....	14
2.6 Analisis Aspek Finansial.....	14
2.6.1 Break Even Point (BEP)	15
2.6.2 Pay Back Periode (PBP)	16
2.6.3 Net Benefit Cost Ratio (Net B/C Ratio)	17
2.6.4 Net Present Value (NPV).....	17
2.6.5 Internal Rate Return (IRR).....	17
III. BAHAN DAN METODE	19
3.1 Waktu dan Tempat	19
3.2 Alat dan Bahan	19
3.3 Metode Penelitian	19
3.4 Prosedur Pelaksanaan Penelitian	20
3.4.1 Proses Ekstraksi dan Pengumpulan Nira Sawit	20
3.4.2 Proses Pengolahan Nira Sawit menjadi Gula Cair	21
3.5 Prosedur Pengamatan	21
3.5.1 Pengamatan Kadar Air	21

	Halaman
3.5.2 Pengamatan Kadar Abu	22
3.5.3 Pengamatan Total Padatan Terlarut (°Brix).....	22
3.5.4 Pengamatan Derajat Keasaman (pH)	23
3.5.5 Pengamatan Total Gula Pereduksi	23
3.5.6 Penyiapan Ekstrak Sample	23
3.5.7 Pembuatan Kurva Asam Gallat.....	24
3.5.7.1 Pengujian Total Fenol	24
3.5.8 Pembuatan Kurva Standar Kuersetin	25
3.5.8.1 Pengujian Total Flavonoid.....	25
3.5.9 Pengamatan Hidroksimetilfurfural (HMF)	25
3.5.10 Pengamatan Profil Gula	27
3.6 Analisis Teknoekonomi	27
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	31
4.1 Karakterisasi Gula Cair Nira Sawit Pemasakan Hot Plate	31
4.1.1 Waktu Pemasakan dan Rendemen	31
4.1.2 Total Padatan Terlarut (°Brix)	32
4.1.3 Derajat keasaman (pH)	33
4.1.4 Kadar Air	34
4.1.5 Kadar Abu	36
4.1.6 Total Gula	37
4.1.7 Total Fenol	39
4.1.8 Total Flavonoid	40
4.1.9 Perlakuan Terbaik Pemasakan Hot Plate	41
4.1.9.1 Analisis Profil Gula dan HMF Pemasakan Hotplate ...	42
4.1.9.2. Analisis Profil Gula dan HMF Pemasakan Kompor ..	44
4.2 Analisis Teknoekonomi Gula Cair Pemasakan Kompor	45
4.2.1. Analisis Aspek Teknis	45
4.2.1.1 Pemasaran Produk	45
4.2.1.2 Penentuan Lokasi Industri	47
4.2.1.3 Penentuan Kapasitas Produksi.....	49
4.2.1.4 Penentuan Tata Letak Agroindustri	50
4.2.2. Analisis Aspek Finansial.....	57
4.2.2.1 Asumsi Dasar	57
4.2.2.2 Kapasitas Produksi	57
4.2.2.3 Biaya Produksi	58
4.2.2.4 Proyeksi Laba Rugi	61
4.2.2.5 Analsis Kelayakan Investasi.....	61
4.2.2.6 Analsis Sensitivitas.....	63
V. KESIMPULAN	64
DAFTAR PUSTAKA	65
LAMPIRAN.....	74

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Syarat Mutu Sirup Glukosa	9
2. Jenis kriteria keputusan untuk pemilihan lokasi industri	30
3. Waktu pemasakan dan rendemen gula cair dengan berbagai perlakuan	31
4. Penentuan perlakuan terbaik	41
5. Hasil penilaian lokasi agroindustri berdasarkan faktor pendukungnya	48
6. Hasil pembobotan lokasi pendirian agroindustri	49
7. Luas Areal Tanaman Provinsi Lampung 2021.....	50
8. Derajat keterkaitan industri pengolahan nira kelapa sawit	51
9. Kebutuhan luas area produksi industri gula cair nira kelapa sawit.....	53
10. Perincian ruang dan luas tanah industri gula cair nira kelapa sawit .	54
11. Rincian biaya produksi	59
12. Rincian biaya investasi.....	59
13. Harga jual dan perbandingan komoditas gula cair	60
14. Laba bersih usaha industri gula cair kelapa sawit	61
15. Analisis kelayakan investasi	61
16. Analisis sensitivitas usaha gula cair kelapa sawit	63
17. Rincian biaya investasi modal tetap	75
18. Biaya penyusutan barang modal tetap	76
19. Biaya pemeliharaan dan perbaikan fasilitas produksi	76
20. Biaya bahan baku, pendukung, bahan bakar, pengemas, ATK.....	77
21. Biaya operasional	77
22. Proyeksi laba rugi	78
23. Kriteria kelayakan finansial	79
24. Perhitungan instalasi listrik	80

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Diagram pohon industri kelapa sawit	7
2. Diagram alir proses ekstraksi nira kelapa sawit.....	20
3. Diagram alir pembuatan gula cair menggunakan pemanasan terbuka dengan variasi suhu	21
4. Pengaruh suhu pemasakan hotplate terhadap Brix dari gula cair	32
5. Pengaruh suhu pemasakan hotplate terhadap pH dari gula cair.....	34
6. Pengaruh suhu pemasakan hotplate terhadap Kadar Air gula cair.....	35
7. Pengaruh suhu pemasakan hotplate terhadap Kadar Abu gula cair	36
8. Pengaruh suhu pemasakan hotplate terhadap Total Gula pada gula cair kelapa sawit	37
9. Pengaruh suhu pemasakan hotplate terhadap Total Fenol gula cair ...	39
10. Pengaruh suhu pemasakan hotplate terhadap Total Flavonoid gula cair.....	40
11. Gambar bagan keterkaitan pengolahan agroindustri gula cair.....	51
12. Gambar tata letak agroindustri gula cair	55
13. Gambar tata letak kontainer	56
14. Penentuan pohon sawit	83
15. Persiapan alat pemotongan.....	83
16. Pemotongan batang sawit.....	83
17. Pemotongan batang sawit.....	83
18. Pemotongan pelepah	83
19. Pemotongan pelepah	83
20. Pengukuran pohon sawit	84
21. Pengukuran pohon sawit	84
22. Pemberian tanda pada batang sawit	84
23. Persiapan pemindahan batang sawit dari kebun ke THP	84
24. Pengangkutan batang sawit ke THP	84
25. Batang sawit sampai di THP	84
26. Persiapan batang sawit	85
27. Pemotongan batang sawit sesuai perlakuan	85
28. Pemotongan batang sawit menjadi 4 bagian	85
29. Penimbangan potongan batang sawit.....	85

	Halaman
30. Pengecilan ukuran batang (serut-planner)	85
31. Hasil serut batang ditampung	85
32. Hasil serut batang sawit	86
33. Proses ekstraksi nira sawit (screw press)	86
34. Hasil ekstraksi nira sawit	86
35. Penimbangan nira sawit	86
36. Proses pre-treatment nira (pemasakan suhu rendah).....	86
37. Pendinginan nira setelah pre-treatment	86
38. Pewadahan ke jerigen (penyimpanan refrigerator)	87
39. Penyaringan nira sebelum dimasak sesuai perlakuan	87
40. Pemasakan nira dengan suhu sesuai perlakuan (hot plate)	87
41. Pemasakan nira dengan suhu sesuai perlakuan (hot plate)	87
42. Pengukuran suhu sample saat pemasakan.....	87
43. Hasil gula cair	87
44. Pengujian brix nira sawit	88
45. Pengujian brix gula cair sawit.....	88
46. Pengujian derajat keasaman nira.....	88
47. Pengujian derajat keasaman gula cair	88
48. Uji kadar air sample	88
49. Uji kadar air sample	88
50. Pengarangan (Uji kadar abu).....	89
51. Pengarangan (Uji kadar abu).....	89
52. Preparasi sampel uji gula cair	89
53. Preparasi uji gula cair.....	89
54. Uji kadar fenol gula	89
55. Uji kadar flavonoid gula.....	89
56. Pengisian Kuisisioner	90
57. Dokumentasi Pengisian Kuisisioner	90

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Perkebunan kelapa sawit (*Elaeis guineensis Jacq*) di Indonesia berkembang pesat dari tahun ke tahun yang membuat Indonesia menjadi negara penghasil minyak kelapa sawit terbesar di dunia (Suwandi dkk., 2016) didukung oleh data USDA (Departemen Pertanian Amerika Serikat) Desember 2022 memperkirakan produksi minyak sawit dunia meningkat 4,59% dibandingkan tahun sebelumnya. Indonesia menyumbang 45,5 juta ton atau 59% dari jumlah minyak sawit dunia diproduksi oleh Indonesia. Data statistik Direktorat Jendral Perkebunan Indonesia pada tahun 2022, luas area lahan secara total dari perkebunan negara, perkebunan swasta dan perkebunan rakyat pada tahun 2022 yaitu 16,38 juta Ha (Direktorat Jendral Perkebunan, 2022).

Tanaman kelapa sawit memiliki masa produktif 30 tahun, yang ditumbuhi 100 sampai 120 batang sawit per hektar (Dirkes *et al.*, 2021), dengan asumsi sebanyak 1/30 lahan yang diremajakan tiap tahunnya atau 3,33% dari total luas lahan yaitu sekitar 500rb ha lahan kebun kelapa sawit atau sebanyak 50.000.000 batang sawit pertahunnya yang butuh di remajakan. Sebanyak 100L nira dapat dihasilkan dari 1 batang kelapa sawit, maka diasumsikan terdapat ketersediaan 10.000L nira mampu dihasilkan per hektarnya. Peraturan pemanfaatan batang kelapa sawit pada periode peremajaan yang ditetapkan sebelumnya memiliki keuntungan persiapan lahan yang lebih intensif, namun berpotensi menghilangkan pendapatan petani (18/Permentan/KB.330/5/2016; 131/Permentan/OT.140/12/2013), sehingga ditetapkan peraturan terbaru saat ini yaitu sebanyak 50-60% dari total batang yang diremajakan dapat dimanfaatkan dengan bagian batang lainnya dikembalikan ke kebun sebagai unsur hara tanaman (Dirjenbun, 2024).

Saat ini batang sawit tua hanya dikembalikan ke lahan dalam bentuk potongan dengan tujuan menjadi pupuk, tetapi selain membutuhkan waktu degradasi yang lama diketahui batang tua kelapa sawit memiliki kadar gula yang tinggi sehingga menjadi tempat atau bersarangnya serangga, tumbuhnya jamur (*Gonoderma*) dan hama untuk tanaman sawit (Bahmani *et al.*, 2016; Schmidt *et al.*, 2016). Harahap (2019) menunjukkan bahwasanya nira sawit hasil penderesan yang diambil pada waktu berbeda (8jam, 16jam, 24jam) memiliki kandungan sukrosa, glukosa dan fruktosa yang berbeda, pada pengambilan nira 8, 16, 24 jam secara berurut kandungan sukrosanya 10,97%, 11,42%, 12,63%, kadar glukosanya 46,7%, 36,33%, 42,01% dan kadar fruktosanya 41,64%, 46,12%, 41,11%.

Konsumsi gula merah di Indonesia pada tahun 2023 sebanyak 16.863.417ton (BPS, 2024), dan akan meningkat pada tahun 2024 yaitu sebanyak 18.241.570ton. Peningkatan ini terjadi akibat bertambahnya jumlah penduduk Indonesia serta permintaan industri makanan dan minuman terhadap gula merah khususnya dalam bentuk cair. Oleh karena itu perlu dicari alternatif lain dalam pengolahan gula cair menggunakan bahan baku nira kelapa sawit. Pembuatan gula cair biasanya diperoleh dengan hidrolisis pati-patian seperti pati singkong dan pati jagung (*corn syrup*) yang memerlukan berbagai tahapan proses, sehingga diperlukan alternatif penghasil gula lainnya salah satunya gula dari nira batang kelapa sawit. Berbagai industri pangan saat ini condong menggunakan gula cair pada berbagai industri makanan, bakery, café minuman kopi kekinian. Produksi gula cair kelapa sawit membutuhkan biaya modal dan biaya produksi yang cukup besar, sehingga perlu dilakukan perhitungan kelayakan produksi jangka panjang.

Analisis teknoekonomi dilakukan dengan menganalisis aspek teknis, teknologi, finansial dan keuangannya. Analisis teknoekonomi dilakukan untuk memutuskan probabilitas kelayakan suatu industri juga menghindari investasi berlebihan jika diketahui industri kurang menguntungkan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis nilai tambah pemanfaatan batang sawit tua dalam menghasilkan gula cair sawit juga pengaruh suhu evaporasi terhadap karakteristik, mutu kimia, dan sensori gula cair nira kelapa sawit serta analisis teknoekonominya.

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh suhu pemanasan terhadap karakteristik, dan mutu kimia gula cair dan juga mengetahui kelayakan pada aspek teknis, finansial agroindustri gula cair pemanfaatan batang sawit tua.

1.3 Kerangka Pemikiran

Luas lahan perkebunan kelapa sawit di Indonesia yaitu 16,38 jt ha, diasumsikan sebanyak 1/30 lahan yang butuh di remajakan tiap tahunnya atau 3,33% dari yaitu sekitar 500.000 ha lahan kebun kelapa sawit atau sebanyak 50.000.000 batang sawit pertahunnya yang butuh di remajakan. Sebanyak 100L nira dapat dihasilkan dari 1 batang kelapa sawit, maka diasumsikan terdapat ketersediaan 10.000L nira mampu dihasilkan per hektarnya. Batang tua kelapa sawit diketahui memiliki kadar gula yang tinggi (Harahap, 2019) sehingga apabila hanya dikembalikan ke kebun akan menjadi tempat berkembang biaknya hama seperti serangga dan jamur yang merugikan tanaman sawit tersebut (Bahmani *et al.*, 2016; Schmidt *et al.*, 2016). Kegiatan peremajaan (*replanting*) tanaman kelapa sawit (Fauzia, 2017) dilakukan secara bertahap dan dalam prosesnya dibutuhkan biaya yang tidak sedikit.

Apabila diasumsikan satu batang sawit mampu menghasilkan sebanyak 100L nira maka bahan baku nira kelapa sawit yang mampu dihasilkan pertahunnya adalah 5.000.000.000 L nira yang menjadi potensi untuk dimanfaatkan, karena dibutuhkan waktu 3 (tiga) sampai 4 (empat) tahun, mulai dari penebangan, persiapan lahan, pembibitan, penanaman, perawatan, sampai tanaman kembali menghasilkan buah. Peraturan pemanfaatan batang kelapa sawit pada periode peremajaan yang ditetapkan sebelumnya memiliki keuntungan persiapan lahan yang lebih intensif, namun berpotensi menghilangkan pendapatan petani (18/Permentan/KB.330/5/2016; 131/Permentan/OT.140/12/2013). Petani selama periode peremajaan tidak mendapatkan pemasukan karena berkurangnya penjualan Tandan Buah Segar (TBS), diperlukan pinjaman dana oleh pihak ketiga sebagai penyokong dana untuk proses peremajaan, yang berarti saat tanaman sawit kembali produktif hasil yang diperoleh dibagi untuk mengembalikan modal

yang dipinjam selama proses peremajaan, manfaat dari penelitian ini untuk petani yaitu memiliki alternatif lain dalam pendanaan saat dilakukannya peremajaan dan berpotensi meningkatkan pendapatan sehingga menguntungkan petani.

Pengolahan nira menjadi gula merah (padat) sudah umum dilakukan dan diperjual belikan. Masyarakat desa Pengajahan, kab. Serdang Bedagai memanfaatkan nira kelapa sawit menjadi gula merah (padat) yang menggunakan pemanasan terbuka dengan penambahan gula kristal putih (GKP) kemudian dicetak untuk dikonsumsi (Simatupang dkk., 2022), sedangkan dalam pemanfaatannya gula dilarutkan kembali dengan penambahan air. Pengolahan gula cair atau sirup pada umumnya dari pati singkong atau jagung, yang membutuhkan proses hidrolisis dan beberapa tahapan lainnya selain itu ada sirup yang dihasilkan dari getah seperti maple sirup. Kualitas gula cair ditentukan berdasarkan sifat sensorinya seperti warna dan aroma selain dari rasanya. Salah satu cara mempertahankan warna pada proses pemasakan adalah dengan penggunaan pemasakan bertekanan atau dengan vakum, namun apabila diaplikasikan ke petani akan membutuhkan biaya lebih banyak, serta perawatannya yang cenderung sulit. Berdasarkan hal tersebut dilakukan penelitian pemanfaatan nira sawit menjadi gula cair dengan tujuan efektifitas energi dan biaya pada proses produksi dengan menggunakan pemasakan terbuka serta kemudahan pengaplikasiannya oleh petani.

Penelitian dilakukan dengan mengolah nira sawit yang diperoleh dari ekstraksi batang kelapa sawit tua dengan variasi dari suhu evaporasi menggunakan pemanasan terbuka dengan variasi suhu pada hotplate yaitu 250°C, 300°C, 350°C, 400°C dan 450°C sehingga menghasilkan produk gula cair dengan kualitas yang baik dari rendemennya, karakteristiknya, serta efektifitas dari aspek biaya produksi dan energi yang digunakan. Kemudian dilakukan pengamatan pada parameter yang mempengaruhi kualitas gula cair yaitu analisis kadar air, kadar abu, total padatan terlarutnya (Brix), pH, total gula, gula reduksi, dan analisis hidroksimetilfurfural (HMF) juga profil gulanya.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tanaman Kelapa Sawit

Tanaman Kelapa sawit (*Elaeis guineensis Jacq*) berasal dari Afrika, dan hanya tumbuh pada daerah yang beriklim tropis salah satunya adalah Indonesia. Tanaman kelapa sawit pertama kali dibawa ke Indonesia oleh kolonial pemerintahan Belanda pada tahun 1848. Ketika itu ada empat batang bibit kelapa sawit yang dibawa dari Maritius dan Amsterdam untuk ditanam di Kebun Raya Bogor. Tanaman kelapa sawit mulai diusahakan dan dibudidayakan secara komersial pada tahun 1911. Pada masa ini perkebunan kelapa sawit berkembang pesat. Perkebunan kelapa sawit pertama berlokasi di Pantai Timur Sumatra (Deli) dan Aceh. Luas areal perkebunannya saat itu sebesar 5.123 ha. Indonesia mulai mengekspor minyak sawit pada tahun 1919 sebesar 576ton ke negara-negara Eropa, kemudian tahun 1923 mulai mengekspor minyak inti sawit sebesar 850 ton (Fauzi *et al.*, 2012). Tanaman kelapa sawit mulai produktif atau sudah dapat dipanen pada umur 3 sampai 4 tahun, dengan masa produktif 25 sampai 30 tahun dan lebih dari itu dianggap tidak lagi produktif (Risman, 2018). Terjadi fluktuasi hasil minyak sawit terlebih pada masa kependudukan jepang terjadi kemunduran perkembangan, serta pada masa awal kemerdekaan pemerintah mengambil alih perkebunan kelapa sawit.

Perkebunan Kelapa sawit (*Elaeis guineensis Jacq*) di Indonesia berkembang pesat dari tahun ke tahun yang menyebabkan Indonesia menjadi negara penghasil minyak kelapa sawit terbesar di dunia, pada tahun 2019 Indonesia mengekspor minyak sawit sebanyak 20,21 juta ton (BPS, 2020) dan berdasarkan Food and Agriculture Organization (FAO) Indonesia sebagai produsen utama minyak kelapa sawit dengan menyerap 6,86 juta tenaga kerja (Kementan, 2020), yang

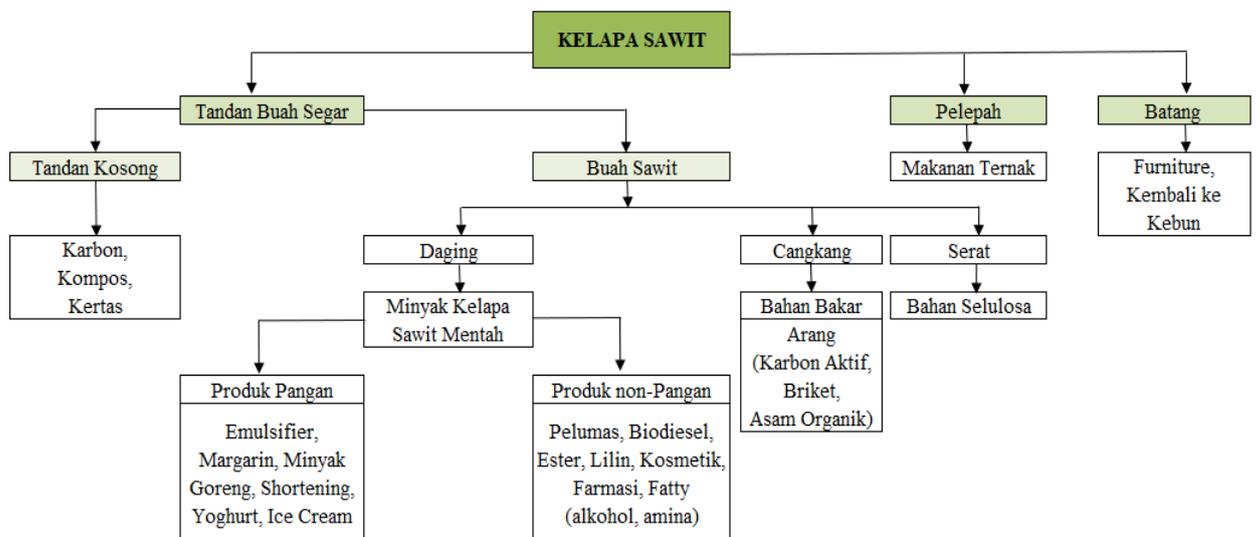
juga didukung oleh data USDA (Departemen Pertanian Amerika Serikat) pada Desember 2022 memperkirakan produksi minyak sawit dunia meningkat 4,59% dibandingkan tahun sebelumnya atau sekitar 3,39 juta ton menjadi 77,2 juta ton. Indonesia menyumbang 45,5 juta ton atau 59% dari jumlah minyak sawit dunia diproduksi oleh Indonesia. Berdasarkan data Direktorat Jendral Perkebunan Kementerian Pertanian Statistik Perkebunan Unggulan Nasional 2020-2022, total luas lahan kelapa sawit Indonesia mencapai 16,38 juta hektare (ha), dengan lahan produktif atau tanaman yang menghasilkan (TM) adalah 83% dari total luas lahan, sebanyak 17% sisanya yaitu Tanaman yang Belum Menghasilkan (0-3 tahun), juga Tanaman yang sudah Tidak Produktif (>25 tahun). Apabila diasumsikan sebanyak 100 pohon kelapa sawit per hektarnya, berdasarkan data BPPSDMP (2010) satu pohon kelapa sawit yang di deres mampu menghasilkan 10L nira sawit per harinya selama satu bulan artinya terdapat kurang lebih 1000 L nira yang dihasilkan setiap harinya pada tiap hektarnya, hal ini memiliki potensi yang cukup besar untuk dimanfaatkan juga dikembangkan.

Tanaman kelapa sawit dibedakan menjadi dua bagian yaitu bagian vegetatif dan bagian generatif. Bagian vegetatif kelapa sawit meliputi akar, batang dan daunnya, sedangkan bagian generatif yang merupakan alat perkembang biakan tanaman kelapa sawit terdiri atas bunga dan buah. Klasifikasi tanaman kelapa sawit (*Elaeis guineensis Jacq.*) menurut Pahan (2012) adalah sebagai berikut:

Divisi : Embryophyta Siphonagama
 Kelas : Angiospermae
 Ordo : Monocotyledonae
 Famili : Arecaceae
 Subfamili : Cocoidae
 Genus : *Elaeis*
 Spesies : *Elaeis guineensis Jacq.*

Luasnya lahan perkebunan sawit tentu berdampak pada banyaknya tanaman sawit dan apabila sudah mencapai waktu optimal atau tanaman kelapa sawit tidak lagi memproduksi tandan sawit maka akan dilakukan peremajaan tanaman sawit atau

batang sawit yang sudah tua atau disebut dengan *replanting*, pada masa ini tanaman sawit ditebang dan lahan diolah kembali mulai dari persiapan lahan, persiapan bibit, penanaman dan seluruh proses ini sampai tanaman kelapa sawit dapat menghasilkan buah kembali memakan waktu 3 tahun. Selama masa itu petani biasanya tidak mendapatkan pemasukan, sehingga diperlukan kerjasama dengan pihak ketiga sebagai penyokong dana untuk proses *replanting*, yang berarti saat tanaman sawit sudah kembali menghasilkan atau produktif kembali hasil yang diperoleh harus dibagi dua dengan pihak ketiga untuk mengembalikan modal dari proses *replanting*. Hal ini berarti pendapatan petani yang rendah, sedangkan diketahui bahwa tanaman kelapa sawit adalah jenis tanaman palma yang berarti tanaman kelapa sawit dapat menghasilkan nira yang dapat diolah menjadi gula. Gula yang diperoleh dari pengolahan nira pada saat ini banyak diperoleh dari pengolahan nira aren, bukan tidak mungkin bahwasanya nira kelapa sawit bisa dimanfaatkan menjadi gula sawit. Nira sawit dapat dimanfaatkan menjadi beberapa produk turunan diantaranya adalah gula merah, asam laktat dan bioethanol (Wulandika dkk., 2019; Kunasundari *et al.*, 2017; Yamada *et al.*, 2010). Berikut diagram pohon industri tanaman kelapa sawit pada Gambar 1 dibawah ini.



Gambar 1. Diagram pohon industri kelapa sawit

Sumber: Pohon industri kelapa sawit PTPN III yang telah dimodifikasi

2.2 Gula Cair Nira Sawit

Nira atau dalam bahasa Sansekerta *neer* memiliki arti air, merupakan cairan yang memiliki rasa manis karena memiliki kandungan glukosa, fruktosa dan sukrosa. Nira merupakan cairan yang dihasilkan pohon yang termasuk keluarga palma seperti aren, siwalan, kelapa, nipah dan kelapa sawit. Karakterisasi dari nira sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain jenis tanaman, umur, kondisi tanah, iklim, pemupukan serta sistem pengairannya (Gulo *et al.*, 2018).

Kebutuhan gula dalam skala nasional terus meningkat pertahunnya seiring bertambahnya jumlah penduduk, selain digunakan dalam skala rumah tangga gula juga digunakan pada industri olahan pangan. Produksi gula nasional pada tahun 2021 berdasarkan data BPS adalah 2,35 juta ton yang dihasilkan dari produksi pabrik gula BUMN sebesar 1.06 juta ton dan pabrik gula swasta 1.29 juta ton, sementara kebutuhan gula pada tahun 2022 mencapai 6.48 juta ton yang terdiri dari 3.21 juta ton GKP (Gula kristal putih) dan 3.27 juta ton GKR (Gula kristal rafinasi) yang diperuntukan untuk perusahaan pengolahan makanan. Hal ini menunjukkan masih ada kekurangan pasokan yang akan memenuhi kebutuhan gula konsumsi secara nasional, sehingga dibutuhkan alternatif penghasil gula lainnya agar mencukupi kebutuhan gula dengan substitusi komoditas tanaman palma yang menghasilkan nira seperti aren, kelapa, kelapa sawit dan lainnya.

Pengolahan nira menjadi gula merah sudah umum, namun dalam pemanfaatannya gula merah akan dilarutkan kembali hal ini menyebabkan ketidakefektifan pengolahan, sedangkan gula cair umumnya diperoleh dari proses hidrolisis pati-patian yang dalam pembuatannya membutuhkan berbagai tahapan proses seperti gelatinisasi, liquifikasi, sakarifikasi, pemurnian gula dengan pemucatan, penyaringan baru diupkan atau dikentalkan. Nira dari tanaman kelapa sawit yang sudah tua terbukti memiliki kandungan sukrosa, glukosa dan fruktosa (Harahap, 2019; Drikes *et al.*, 2021) yang dapat dimanfaatkan apabila diolah dengan baik. Satu batang sawit tua yang di deres mampu menghasilkan nira sawit sebanyak 10L dalam waktu 24 jam (Sukirno, 2010) sehingga nira kelapa sawit tua memiliki potensi pengolahan menjadi gula cair.

Syarat Mutu Sirup Glukosa sesuai SNI 2978:2021 yang merupakan perbaikan dari SNI 01-2978-1992 Sirup Glukosa, ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Syarat Mutu Sirup Glukosa

No	Kriteria Uji	Satuan	Persyaratan	
			Sirup Glukosa	Sirup Glukosa Kering
1	Keadaan			
1.1	Warna	-		normal
1.2	Bau	-		normal
1.3	Rasa	-		normal
1.4	Bentuk		<u>cairan kental</u>	<u>bubuk</u>
2	Padatan total	fraksi massa, %	min. 70	min. 93
3	<i>Dextroseequivalent</i> (DE), adbk	fraksi massa, %		min. 20
4	Abu sulfat, adbk	fraksi massa, %		maks. 1,0
5	Cemaran logam berat			
5.1	Timbal (Pb)	mg/kg		maks. 0,25
5.2	Kadmium (Cd)	mg/kg		maks. 0,20
5.3	Timah (Sn)	mg/kg		maks. 40 / maks.250*
5.4	Merkuri (Hg)	mg/kg		maks. 0,03
5.5	Arsen (As)	mg/kg		maks. 1,0

CATATAN:

*) Untuk produk kemasan kaleng

Sumber: Standar Nasional Indonesia (SNI) 2978:2021

Berdasarkan studi yang telah dilakukan oleh Suwandi (1993), metode penyadapan yang berbeda memiliki pengaruh yang nyata terhadap kadar air, total gula, total padatan terlarut, dan total asam dari nira sawit. Penyadapan melalui bunga jantan menghasilkan nira dengan kadar air sangat tinggi (99,51%), total gulanya justru rendah (0,18%) dan volume nira yang dihasilkan sedikit (89,12 ml). Penyadapan melalui titik tumbuh pohon tumbang yang tidak mengalami pelayuan menghasilkan nira dengan total gula yang tidak tinggi (2,52%), dengan volume yang rendah juga (124,17 ml). Sedangkan penyadapan melalui titik tumbuh pohon tumbang yang telah melalui proses pelayuan menghasilkan total gula yang tinggi (18,47%), dengan volume yang cukup besar yaitu berkisar 6 liter. Suwandi (1993) juga melakukan identifikasi gula nira sawit dengan menggunakan HPCL (High

Performance Liquid Chromatography) dan mendeteksi kandungan sukrosa sebanyak 11,66%, glukosa 2,32%, dan fruktosa sebanyak 1,47% pada nira sawit.

2.3 Teori Pemanasan Terbuka

Pengolahan produk makanan dalam hal ini adalah bahan hasil pertanian yang cukup terpengaruh oleh metode pemasakan seperti perubahan warna (Amrih dkk., 2023). Pemanasan terbuka adalah proses pengurangan volume cairan yang terkandung melalui penguapan. Penguapan adalah perubahan fase di mana molekul-molekul cairan atau pelarut berpindah ke fase uap. Dalam pengolahan produk hasil pertanian proses pemekatan larutan menghasilkan volume larutan menurun, dikarenakan teruapkannya larutan akibat pemanasan (Ramdani, 2018). Dalam metode pemekatan atau penguapan, cairan akan dipaparkan ke lingkungan dengan suhu yang cukup tinggi sehingga air atau pelarut dalam cairan tersebut berubah menjadi uap.

Teknik penguapan dengan pemanasan terbuka dalam wadah terbuka merupakan metode konvensional yang telah digunakan selama bertahun-tahun. Teknik ini menggunakan sistem pemanasan dengan suhu tinggi sekitar 100°C serta memerlukan waktu yang relatif lama. Dalam metode ini, cairan dipanaskan langsung di wadah terbuka dan air atau pelarut yang terkandung di dalamnya menguap ke udara secara alami. Proses pemekatan pemanasan terbuka umumnya melibatkan pemanasan dengan menggunakan sumber panas eksternal, seperti kompor atau pemanas listrik. Cairan yang akan dipekatkan ditempatkan dalam wadah terbuka, seperti panci atau wajan, dan dipanaskan secara perlahan. Panas dari sumber eksternal menyebabkan air atau pelarut dalam cairan menguap menjadi uap dan meninggalkan zat-zat lain yang lebih pekat di dalam wadah. Keuntungan metode ini adalah kemudahan implementasinya dan biaya yang relatif rendah. Namun, perlu diperhatikan bahwa metode ini memerlukan waktu yang lebih lama dan memiliki risiko kehilangan nutrisi atau perubahan dalam mutu produk akibat pemanasan yang berlebihan (Rahman *et al.*, 2017).

2.4 Potensi Batang Tua Kelapa Sawit

Potensi batang kelapa sawit tua yang dihasilkan dari perkebunan pada periode waktu *replanting* dapat dimanfaatkan dengan diambil niranya. Satu batang sawit tua dapat menghasilkan nira sawit sebanyak 100L nira dengan proses pengepresan. Apabila dalam per hektarnya terdapat ± 100 batang sawit berarti nira yang bisa dihasilkan per hektarnya adalah 10.000L/ha, dengan umur produktif tanaman ± 30 tahun, luas lahan perkebunan sawit yang sudah mencapai masa *replanting* sebanyak 3,33% dari 16,38jt ha (Dirjenbun, 2022) maka dapat diasumsikan terdapat 5.000.000.000 nira yang bisa dimanfaatkan. Hal ini menjadi peluang besar untuk petani dalam mendapatkan penghasilan tambahan selama masa *replanting*. Menurut SNI 01-3544-1994, sirup didefinisikan sebagai larutan gula yang pekat (sakarosa: high glucose syrup atau gula invert lainnya dengan atau tanpa penambahan bahan makakan yang diizinkan, dengan syarat mutu sirup kualitas 1 dengan kadar gula minimal 65%, sirup kualitas 2 dengan kadar gula 60-65%, dan sirup kualitas 3 dengan kadar gula minimal 55-60%.

Pemanfaatan pengolahan batang kelapa sawit yang menghasilkan nira untuk memproduksi gula cair diharapkan meningkatkan pendapatan petani yang mengurus lahan perkebunan sawit, karena biasanya pada masa *replanting* petani mengalami kekosongan pemasukan selama kurang lebih 3 tahun hingga sawit menghasilkan kembali, sedangkan kebutuhan lahan pada saat *replanting* sangat banyak seperti kebutuhan bibit unggul, pupuk, serta pemantauan harian jelas membutuhkan biaya. Pengolahan nira saat ini kebanyakan diolah menjadi bentuk padatan seperti yang ada di pasaran, sedangkan dalam pemakaiannya gula merah perlu dicairkan kembali. Hal ini dianggap tidak efisien karena dalam proses pembuatannya memakan biaya dan energi, sehingga dibuat alternatif pengolahan menjadi gula cair dari nira kelapa sawit yang harga jualnya dapat lebih murah karena biaya produksinya juga semakin rendah.

2.5 Karakterisasi Nira Sawit

Karakteristik dan kualitas gula cair yang dihasilkan tergantung pada sifat dan kondisi nira yang menjadi bahan bakunya, maka dari itu dilakukan pengamatan terhadap variabel dari nira dan gula cair yang dihasilkan. Berikut adalah pengujian yang dilakukan pada nira yang diperoleh dengan pengepresan batangnya dan pengujian karakteristik dari gula yang dihasilkan.

2.5.1 Total Padatan Terlarut (°Brix)

TPT atau Total Padatan Terlarut (*Total Soluble Solid*) pada gula sangat berpengaruh pada kualitas gula yang dihasilkan yang dinyatakan sebagai derajat brix yaitu adalah zat padat kering yang terlarut dalam larutan (gram/100gram larutan) dan dihitung sebagai sukrosa juga komponen organik lainnya. Barlina *et al.* (2020), menyatakan mengenai karakteristik sirup nira aren yang menunjukkan besaran nilai TPT berpengaruh pada beberapa parameter (1) Kadar air, nilai TPT yang semakin tinggi cenderung menurunkan kadar air pada gula hasil penelitian menunjukkan bahwa kadar air yang dihasilkan pada sirup dengan TPT 65°Brix adalah yaitu 31,73% , sedangkan sirup TPT yang lebih tinggi dengan 75°Brix memiliki kadar air 24,16% , kemudian (2) Kadar gula total, gula reduksi dan sakarosa, semakin tinggi nilai TPT maka kadar gula total, gula reduksi, dan sakarosanya cenderung meningkat. TPT juga berpengaruh pada (3) kadar total senyawa fenolat, semakin tinggi nilai TPT kadar total fenolat akan meningkat dari 0,13% pada 60°Brix menjadi 0,29% pada 60°Brix.

Nilai derajat brix diukur menggunakan refraktometer. Semakin tinggi derajat brix yang terdeteksi maka diduga semakin manis larutan tersebut. Viscositas produk gula cair meningkat karena kadar air gula cair yang berkurang sehingga larutan gula cair semakin mengental (Sjarif *et al.*, 2021), semakin kental larutan maka nilai derajat brix akan semakin tinggi. Sukoyo *et al.* (2014), menyatakan bahwa pengaruh suhu pemasakan atau evaporasi pada derajat brix adalah semakin tinggi suhu yang digunakan pada pemasakan akan menghasilkan gula dengan viskositas yang tinggi yang berarti kadar air pada gula menurun sehingga nilai brix meningkat.

2.5.2 Kadar Air dan Kadar Abu

Soetedjo *et al.* (2008), bahwa kadar air dipengaruhi oleh bahan olahan yang diamati yaitu: konsentrasi zat terlarut dalam larutan, kelarutan, temperatur sensitif dari suatu zat, foaming, tekanan dan temperatur. Analisis kadar air dilakukan untuk mengetahui kandungan atau jumlah air yang terdapat pada gula cair yang dihasilkan selama proses penyimpanan. Viskositas produk gula cair meningkat karena kadar air gula cair yang berkurang sehingga larutan gula cair semakin mengental (Sjarif *et al.*, 2021) semakin kental larutan maka nilai derajat brix akan semakin tinggi. Sukoyo *et al.* (2014), menyatakan bahwa pengaruh suhu pemasakan atau evaporasi pada derajat brix adalah semakin tinggi suhu yang digunakan pada pemasakan akan menghasilkan gula dengan viskositas yang tinggi yang berarti kadar air pada gula menurun sehingga nilai brix meningkat. Kadar abu diuji pada makanan dan minuman untuk menentukan kualitas pengolahannya, selain itu juga untuk mengetahui jenis bahan yang terkandung dan menjadi parameter kualitas juga nilai gizi dari produk, pengujian dilakukan mengacu pada SNI 01-2891-1992 dengan judul Cara Uji Makanan dan Minuman. Pada penelitian ini standarisasi kadar abu mengacu pada SNI Madu 3545:2013 dan SNI Sirup Glukosa 2978:2021.

2.5.3 Derajat Keasaman (pH)

Derajat keasaman merupakan suatu nilai yang menunjukkan tingkat keasaman atau alkalinitas dari suatu larutan. Pada pengamatan gula cair dari nira sawit ini pengukuran nilai pH dilakukan dengan pH meter menggunakan prosedur AOAC (2016). Nira memiliki sifat asam dengan pH 4.9 – 5.5. Besaran nilai derajat keasaman berpengaruh pada lama penyimpanan suatu produk, Sahambangung *et al.* (2016), menyatakan bahwasanya terdapat pengaruh waktu dan suhu penyimpanan pada besaran nilai derajat keasaman (pH) karena pada kondisi pH larutan yang rendah sukrosa akan terinversi menjadi (fruktosa dan glukosa) dan gula invert mengalami oksidasi mejadi asam asam (asam aldonat dan asam ketonat).

2.5.4 Total Gula (*Total Sugar*)

Gula dibagi golongan menjadi monosakarida, disakarida dan polisakarida seperti glukosa, fruktosa, galaktosa dan laktosa. Kadar total gula diukur menggunakan metode fenol asam sulfat. Prinsip dari metode ini adalah asam sulfat memecah polisakarida menjadi gula sederhana yang bereaksi dengan fenol sehingga menghasilkan warna jingga kekuningan (Amalia *et al.*, 2014). Penentuan total gula menggunakan fenol-asam sulfat dengan mengacu pada penelitian Trinh *et al.* (2022), yang telah dimodifikasi. Hasil absorbansi diplotkan terhadap kurva standar fenol asam sulfat dengan menggunakan persamaan regresi linier.

2.5.5 Hidroksimetilfurfural (HMF)

Hidroksi metil furfural atau HMF pada dasarnya adalah pecahan dari sukrosa dan fruktosa. Batas kandungan HMF yang merupakan produk pemecahan glukosa dan fruktosa pada produk olahan pangan adalah 50ppm atau 50mg/kg (SNI 3545:2013). Bogdanov *et al.* (2004), menyatakan bahwa warna madu akan semakin gelap seiring meningkatnya kadar HMF karena oksigen dari udara akan mengoksidasi HMF sehingga membentuk warna gelap pada madu, yang berarti kadar HMF berpengaruh terhadap warna dari bahan baku yang akan diuji yaitu nira sawit. Apabila kadar atau nilai HMF lebih tinggi dari batas yang ditetapkan oleh SNI diduga dapat menyebabkan toksisitas dan karsinogenisitas terhadap manusia. Bozkurt (1999) menyatakan bahwa karamelisasi terjadi oleh perubahan komposisi gula karena suhu tinggi sedangkan reaksi Maillard terjadi karena reaksi antara asam amino dan gula pereduksi. Kedua reaksi ini mengakibatkan perubahan warna, aroma, rasa, dan diikuti dengan terbentuknya produk antara, 5-hidroksi metil furfural (HMF) dan produk akhir yang dihasilkan terbentuk pigmen coklat / brown pigmen formation (BPF).

2.6 Analisis Teknoekonomi

Teknoekonomi adalah satu disiplin ilmu yang digunakan untuk menilai kelayakan suatu usaha baru atau investasi baru. Analisis ini melibatkan keputusan dalam dua hal yaitu teknis dan finansial. Aspek teknis merupakan perencanaan secara teknis yaitu seperti lokasi pendirian industri, terkait juga dengan proses produksi,

penentuan kapasitas produksi, pemilihan teknologi proses pada mesin dan peralatan, serta penentuan tata letak pabrik (Suad *et al.*, 2014). Komoditas pertanian yang bersifat perishable (mudah rusak) dan bulky (kamba) sehingga memerlukan penanganan yang tepat sesuai dengan karakteristik bahan tersebut, karena tiap komoditi memiliki karakteristik yang berbeda. Tujuan dari analisis teknoekonomi adalah untuk melihat besaran keuntungan ataupun kelayakan pada produk atau hasil olahan dari bahan-bahan hasil pertanian untuk dibangun menjadi suatu usaha.

Kajian teknoekonomi dilakukan untuk menilai kesiapan pemanfaatan hasil pengolahan batang kelapa sawit tua menjadi gula cair atau sirup sawit, serta suatu bentuk usaha yang dapat menghasilkan keuntungan. Analisis finansial dilakukan untuk melihat kelayakan suatu usaha untuk dijalankan, dengan melakukan perbandingan antara biaya dan manfaat yang didapatkan dari pengeluaran yang dilakukan oleh suatu pengusaha seperti ketersediaan dana, biaya modal, kemampuan proyek untuk mengembalikan modal dalam waktu yang ditentukan, dan proyeksi jangka panjang kelayakan usaha dalam berkembang. Analisis finansial ekonomi dilakukan dengan perhitungan finansial menggunakan kriteria investasi seperti Break Event Point (BEP), Pay Back Periode (PBP), Net Present Value (NPV), dan Internal Rate of Return (IRR).

Penentuan lokasi pendirian industri bertujuan operasional berjalan lancar, efisien, efektif sehingga keuntungan maksimal serta mempengaruhi keberlangsungan perusahaan. Candy *et al.* (2013), faktor penentuan lokasi pendirian suatu industri yaitu ketersediaan fasilitas penunjang, akses bahan baku, ketersediaan tenaga kerja, kondisi lokasi, infrastruktur, dan perencanaan tata ruangnya, karena proses produksi akan berjalan baik saat lingkungan sesuai kebutuhan. Metode penentuan lokasi pendirian agroindustri gula cair ini dibuat dengan Metode Penilaian Faktor (Factor Rating) yang mengombinasikan data kualitatif dan data kuantitatif. Rafidanta (2021), menyatakan bahwasanya skor diberikan pada faktor yang telah ditentukan sesuai kepentingannya berdasarkan bobot yang telah ditetapkan.

2.6.1 Break Event Point (BEP)

BEP merupakan keadaan dimana perusahaan berada di posisi impas. Apabila penjualan hanya cukup untuk menutupi biaya variabel dan sebagian biaya tetap, maka perusahaan menderita kerugian. Sedangkan apabila penjualan melebihi biaya penjualan dan biaya tetap yang harus dikeluarkan maka perusahaan mengalami keuntungan. Menurut Nurhidayati *et al.* (2020), adapun komponen perhitungan biaya pada BEP adalah sebagai berikut:

1. Biaya Tetap (*Fixed Cost*)

Merupakan biaya yang nilainya cenderung stabil tanpa dipengaruhi oleh perubahan volume atau unit yang diproduksi. Contoh biaya tetap adalah biaya tenaga kerja, biaya penyusutan mesin, biaya air, dan lain sebagainya.

2. Biaya Variabel (*Variable Cost*)

Merupakan biaya yang besar nilainya tergantung pada kuantitas unit atau barang yang diproduksi. Komponen yang satu ini merupakan biaya per unit yang sifatnya tidak tetap atau berubah-ubah sesuai dengan tindakan produksi yang berlangsung. Contohnya adalah biaya bahan baku, biaya listrik, dan lain sebagainya.

3. Harga Jual (*Selling Price*)

Merupakan harga jual per unit barang yang diproduksi oleh perusahaan. Harga jual ini perlu untuk diketahui karena termasuk dalam rumus penghitungan *Break Event Point*.

2.6.2 Pay Back Periode (PBP)

Payback period dapat diartikan sebagai jangka waktu kembalinya investasi yang telah dikeluarkan, melalui keuntungan yang diperoleh dari suatu proyek yang telah direncanakan. Hal ini sesuai menurut Irianto (1998) bahwa PBP adalah waktu yang dibutuhkan oleh suatu usaha untuk mengembalikan investasi awal. Analisis *payback period* dalam studi kelayakan perlu juga ditampilkan untuk mengetahui seberapa lama usaha/ proyek yang dikerjakan baru dapat mengembalikan investasi. Metode analisis *payback period* bertujuan untuk mengetahui seberapa lama (periode) investasi akan dapat dikembalikan saat terjadinya kondisi *break even-point*.

Analisis *payback period* merupakan metode yang dilakukan untuk penilaian suatu usaha dengan lamanya investasi tersebut dapat tertutup dengan aliran kas yang masuk, singkatnya penentuan nilai PBP dihitung dengan cara menghitung waktu yang diperlukan pada saat total arus kas masuk sama dengan total arus kas keluar. Dari hasil analisis *payback period* ini nantinya alternatif yang akan dipilih adalah alternatif dengan periode pengembalian lebih singkat. Metode analisis *payback period* bertujuan untuk mengetahui seberapa lama (periode) investasi akan dapat dikembalikan saat terjadinya kondisi *break even-point*.

2.6.3 Net Benefit Cost Ratio (Net B/C Ratio)

Net Benefit Cost Ratio (Net B/C Ratio) adalah rasio antara manfaat bersih yang bernilai positif dengan manfaat bersih yang bernilai negatif. Net B/C Ratio mencoba membandingkan antara nilai sekarang arus manfaat dengan arus biayanya (Tinaprilla, 2007). Menurut Kadariah (1998), Net B/C merupakan perbandingan sedemikian rupa sehingga pembilangnya terdiri atas present value total dari benefit bersih dalam tahun-tahun dimana benefit bersih itu bersifat positif, sedangkan penyebutnya terdiri atas present value total dari biaya bersih dalam tahun-tahun dimana $B_t - B_c$ bersifat negatif, yaitu biaya kotor lebih besar dari pada benefit kotor.

2.6.4 Net Present Value (NPV)

Present Value merupakan selisih pengeluaran dan pemasukan yang telah didiskon dengan menggunakan *social opportunity cost of capital* sebagai diskon faktor, atau dengan kata lain merupakan arus kas yang diperkirakan pada masa yang akan datang yang didiskontokan pada saat ini. Ibrahim (2003) menyatakan *Net Present Value* (NPV) merupakan *net benefit* yang telah di diskon dengan menggunakan *social opportunity cost of capital* (SOCC) sebagai diskon faktor. Berikut ini ditunjukkan arti dari perhitungan NPV terhadap keputusan investasi yang akan dilakukan:

- $NPV > 0$, maka proyek ekonomis untuk dijalankan
- $NPV < 0$, maka proyek tidak layak untuk dijalankan karena tidak ekonomis
- $NPV = 0$, maka proyek dapat dijalankan atau tidak dijalankan.

2.6.5 Internal Rate of Return (IRR)

Internal Rate of Return (IRR) yang merupakan indikator tingkat efisiensi dari suatu investasi. IRR adalah nilai *discount rate* yang membuat NPV dari proyek sama dengan nol. Pada dasarnya "*internal rate of return*" harus dicari dengan cara "*Trial and error*" dengan serba coba-coba. Penentuan tarif kembalikan dilakukan dengan metode trial and error dengan cara sebagai berikut:

- Mencari nilai tunai aliran kas masuk bersih pada tarif kembalikan yang dipilih secara sembarang di atas atau dibawah tarif kembalikan investasi yang diharapkan.
- Menginterpolasikan kedua tarif kembalikan tersebut untuk mendapatkan tarif kembalikan sesungguhnya.

IRR lebih merupakan indikator efisiensi dari investasi. IRR merupakan *effective compounded return rate annual* yang dihasilkan dari suatu investasi atau yield dari suatu investasi. Suatu proyek dapat dilakukan apabila rate of returnnya lebih besar daripada return yang diterima apabila kita melakukan investasi di tempat lain (bank, bonds, dll). Menentukan besarnya nilai IRR harus dihitung dulu NPV1 dan NPV2 dengan cara coba-coba. Jika NPV1 bernilai positif maka discount factor kedua harus lebih besar dari SOCC, dan sebaliknya (Giatman, 2006).

III. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Pengelolaan Limbah Agroindustri, Pengolahan Hasil Pertanian, dan Analisis Hasil Pertanian, Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung pada bulan November 2023 sampai Maret 2024. Pengambilan sampel nira pada Kebun Sawit Rakyat di Kabupaten Pesawaran, Lampung.

3.2 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah chain saw, planner, *screw press*, ph meter, timbangan analitik, saringan, centrifuge, jerigen, kain saring, kompor, pengaduk, oven, desikator, hotplate, spektrofotometer, refraktometer dan peralatan gelas lainnya. Bahan yang digunakan adalah larutan Carrez, asam sulfat, aquades dan nira sawit dari KSR Kabupaten Pesawaran, Lampung.

3.3 Metode Penelitian

Metode dalam penelitian ini adalah metode eksperimental, hasil pengamatan dalam bentuk Tabel dan Grafik yang dibahas secara deskriptif. Jenis data yang digunakan adalah data primer sekunder. Data primer merupakan hasil observasi laboratorium, faktor yang diamati adalah pengaruh variasi suhu pemanasan pada proses ekstraksi pada hotplate yaitu 250°C, 300°C, 350°C, 400°C dan 450°C sampai 65°-70°Brix. Parameter yang diamati adalah mutu kimia (kadar air, kadar abu, pH, total padatan terlarut (Brix). Total gula, HMF, dan analisis Tekno ekonomi. Data sekunder diperoleh dari studi pustaka dan dari lembaga terkait. Metode penentuan lokasi dilakukan dengan factor rating,

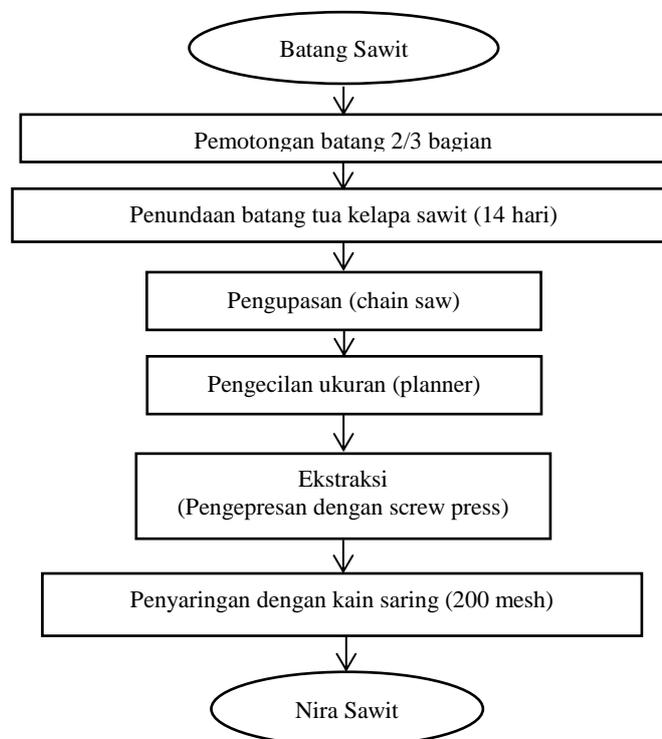
penentuan tata letak dilakukan dengan diagram keterkaitan dan penggambaran tata letak agroindustri digunakan aplikasi Autocad 2024.

3.4 Prosedur Pelaksanaan Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan tiga tahapan kerja yaitu pertama proses ekstraksi nira sawit dengan pengepresan batang sawit menggunakan *screw press*, tahap kedua proses pengolahan nira menjadi gula cair. Setelah diperoleh perlakuan suhu terbaik untuk menjaga kualitas gula cair, dilakukan analisis teknoekonomi.

3.4.1 Proses Ekstraksi dan Pengumpulan Nira Sawit

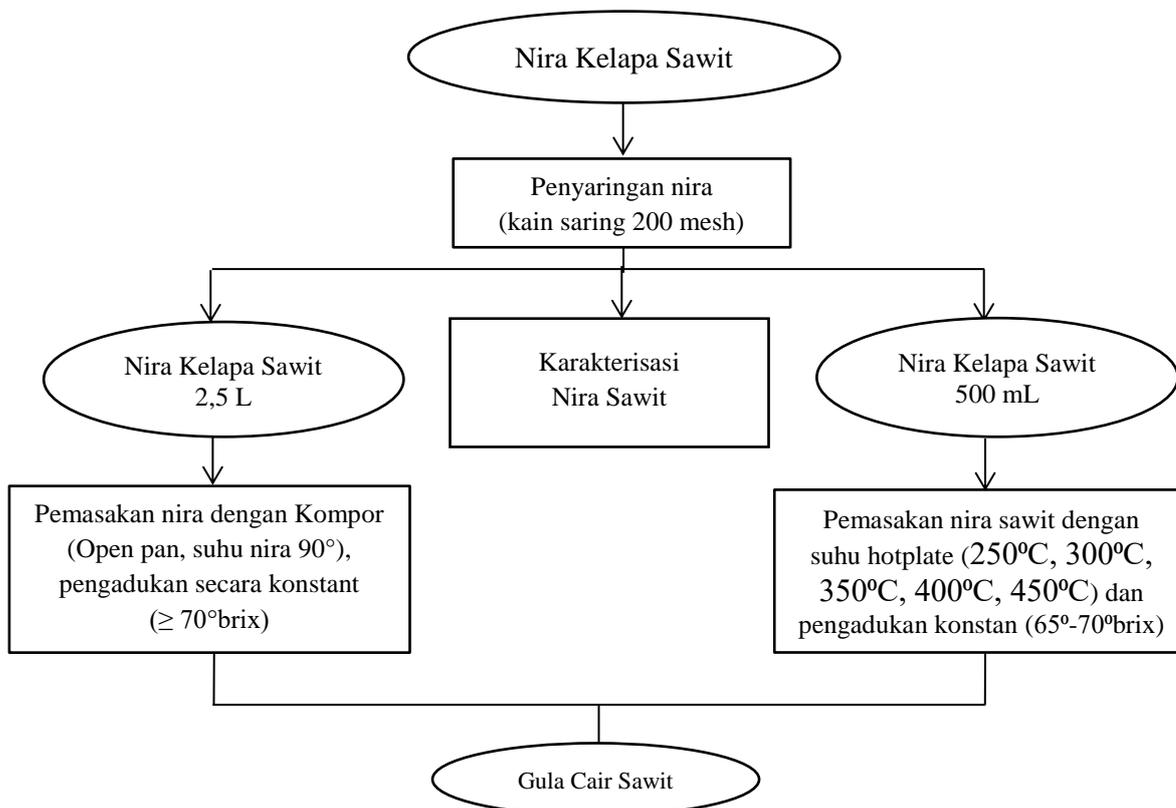
Batang pohon kelapa sawit ditumbangkan, kemudian dibersihkan bagian pelepahnya, batang sawit dipotong menjadi beberapa bagian, kemudian ditunda proses ekstraksinya selama 14 hari. Proses ekstraksi nira sawit dilakukan dengan membelah batang sawit, diparut, dipress, disaring, ditimbang dan dicatat nira yang diperoleh, penyimpanan nira pada wadah tertutup di kulkas bersuhu 5°C. Prosedur ekstraksi nira sawit dari batang sawit tua disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram alir prosedur ekstraksi nira kelapa sawit

3.4.2 Proses Pengolahan Nira Sawit menjadi Gula Cair

Prosedur pembuatan gula cair dari nira kelapa sawit menggunakan pemanasan terbuka dengan hotplate variasi suhu 250°C, 300°C, 350°C, 400°C dan 450°C sampai 65°-70°Brix dan dengan pemasakan kompor disajikan pada Gambar 3.



Gambar 3. Diagram alir pembuatan gula cair menggunakan pemanasan terbuka dengan variasi suhu pemasakan

3.5 Prosedur Pengamatan Karakterisasi Nira

3.5.1 Pengamatan Kadar Air

Nilai kadar air dianalisis dengan menggunakan metode SNI 2891-1992 tentang uji makanan dan minuman. Nilai kadar air diukur dengan selisih berat, diawali dengan menimbang wadah yang akan digunakan sebagai penampung sampel, kemudian pastikan wadah dalam keadaan kering dan masukkan sampel bahan basah kedalam wadah kemudian ditimbang untuk diketahui bobot bahan basah pada neraca analitik, selanjutnya sampel di oven pada suhu 105°C selama 3 jam atau sampai berat bahan menjadi konstant, kemudian pindahkan kedalam

desikator tunggu hingga suhu menurun, kemudian ukur berat dari sampel kering dengan timbangan analitik. Berikut rumus perhitungan kadar air total:

$$KA = \frac{W_1 - W_2}{W_2} \times 100\%$$

Keterangan:

Ka : Kadar Air

W1 : massa benda uji (sebelum oven), dalam satuan gram

W2 : massa benda uji kering oven, dalam satuan gram

3.5.2 Pengamatan Kadar Abu

Pengujian kadar abu gula cair nira sawit mengacu pada metode gravimetri (AOAC, 2016). Cawan porselen dikeringkan pada oven 100-105°C kurang lebih 1 jam, lalu didinginkan pada desikator selama 15 menit lalu ditimbang (A). Sampel gula sebanyak 2g dimasukkan ke dalam cawan porselen (B). Selanjutnya sampel dibakar di atas nyala pembakar sampai tidak berasap lagi, lalu dimasukkan ke dalam tanur listrik. Pengabuan dilakukan pada suhu maksimum 550°C selama 6 jam atau sampai terbentuk abu berwarna putih. Kemudian sampel didinginkan dalam desikator selama 15 menit, dan setelah dingin ditimbang (C). Pengeringan dilakukan secara berulang hingga didapatkan berat konstan. Kadar abu dihitung dengan rumus:

$$\text{Kadar abu} = \frac{\text{Berat bobot abu}}{\text{Berat bobot sampel bebas air}} \times 100\%$$

3.5.3 Pengamatan Total Padatan Terlarut (°Brix)

Pengujian kadar total padatan terlarut diukur menggunakan refraktometer dengan satuan derajat brix. Pengukuran dilakukan pada suhu yang sama. Sebelum pengukuran derajat brix dilakukan, bagian prisma refraktometer dibersihkan dengan tisu atau kapas. Sampel diteteskan pada refraktometer sebanyak 2 tetes dibagian prisma, kemudian tutup knop prisma, lihat bagian lensa, putar knop yang terletak dibagian kanan refraktometer sampai kroma mengikat garis batas X, terakhir amati layar berwarna hijau pada refraktometer (Muenmanee *et al.*, 2016).

3.5.4 Pengamatan Derajat Keasaman (pH)

Pada pengamatan gula cair dari nira sawit ini pengukuran nilai pH dilakukan dengan menggunakan pH meter menggunakan prosedur (AOAC, 2016). Pengujian pH diawali dengan standarisasi pH meter dengan menggunakan buffer. Pengukuran dilakukan dengan cara elektroda dibilas dengan akuades dan dikeringkan. Sampel sebanyak 100 mL dimasukkan ke dalam gelas piala kemudian elektroda dicelupkan hingga tenggelam pada larutan sampel dan dibiarkan kurang lebih satu menit hingga diperoleh angka yang stabil (tetap) dan dicatat nilainya.

3.5.5 Pengamatan Total Gula

Prinsip dari metode ini adalah asam sulfat memecah polisakarida menjadi gula sederhana yang bereaksi dengan fenol sehingga menghasilkan warna jingga kekuningan (Amalia *et al.*, 2014). Penentuan total gula menggunakan fenol-asam sulfat dengan mengacu pada penelitian Trinh *et al.* (2022), yang telah dimodifikasi. Sampel gula cair diambil sebanyak 0,5 ml kedalam labu ulir kemudian ditambahkan fenol pekat 5% sebanyak 0,5 ml lalu di vorteks. Kemudian, ditambahkan asam sulfat sebanyak 2,5 ml pada masing-masing larutan kemudian dihomogenkan menggunakan vorteks. Masing-masing larutan diinkubasi selama 30 menit. Selanjutnya, larutan dimasukan kedalam kuvet untuk dibaca absorbansi nya dengan spektrofotometer dengan panjang gelombang 490 nm. Hasil absorbansi diplotkan terhadap kurva standar fenol asam sulfat dengan menggunakan persamaan regresi linier yang telah disiapkan. Pengukuran absorbansi dilakukan dengan menggunakan spektrofotometer UV-Visibel pada panjang gelombang 490 nm. Kadar gula dihitung dengan rumus:

$$\% \text{ glukosa} = \frac{G \text{ sampel} - G \text{ blanko} \times FP}{W} \times 100\%$$

Keterangan:

G: Nilai Absorbansi

FP: Faktor Pengencer

W: Berat sampel (mg)

3.5.6 Penyiapan Ekstrak Sample

Persiapan sample untuk melakukan pengujian total fenol, flavonoid, serta antioksidan dengan metode DPPH dan ABTS diawali dengan persiapan ekstraksi

dari sample yang akan diuji. Pengujian mengacu pada metode yang digunakan oleh Yilmaz-Erzan *et al.* (2018), yaitu dengan melarutkan 5gram sample gula cair nira kelapa sawit yang kemudian ditambahkan 20 ml etanol (p.a 96%) dan di shake dengan shaker selama \pm 4jam. Ekstrak kemudian disentrifugasi (10 menit) dan disaring menggunakan kertas saring untuk dianalisis.

3.5.7 Pembuatan Kurva Standar Asam Galat

Pembuatan kurva standar fenol dengan cara menimbang asam galat sebanyak 10mg lalu dilarutkan dengan aquadest hingga 100 ml. Kemudian dibuat seri pengenceran larutan induk asam galat dengan konsentrasi 0 ml; 0,2 ml; 0,4 ml; 0,6 ml; 0,8 ml; dan 1 ml dengan aquadest hingga 10 ml. Lalu dari masing-masing larutan pengencer diambil 0,2 ml kedalam tabung reaksi dan ditambahkan 0,2 ml aquades dan 0,2 ml reagen Folin 50% kemudian di vorteks. Selanjutnya, ditambahkan 4 ml larutan Na_2CO_3 2% dan diinkubasi selama 30 menit di ruangan gelap pada suhu ruang. Lalu dibaca absorbansinya dengan spektrofotometer UV-Vis dengan panjang gelombang 760 nm.

3.5.7.1 Pengujian Total Fenol

Pengujian total fenol dilakukan dengan menggunakan metode Folin-ciocalteu mengacu pada penelitian Ismail *et al.* (2012), yang telah dimodifikasi. Prinsip metode ini adalah oksidasi senyawa fenol dalam suasana basa oleh pereaksi Folin-Ciocalteu yang menghasilkan larutan berwarna biru. Sampel sebanyak 5 ml disiapkan dan dimasukkan ke dalam masing-masing tabung reaksi yang telah diberi label lalu ditambahkan 0,5 ml reagen Folin-Ciocalteu 50%, kemudian dihomogenisasi dengan vortex dan didiamkan selama 3 menit. Setelah itu, campuran tersebut ditambahkan 0,5 ml larutan natrium karbonat (Na_2CO_3) 20% dan di inkubasi kembali selama 1 jam. Setelah itu dibaca absorbansinya dengan spektrofotometer UV-Vis dengan panjang gelombang 760 nm. Hasilnya diplotkan terhadap kurva standar asam galat dengan menggunakan persamaan regresi linier. Hubungan antara konsentrasi asam galat dinyatakan sebagai sumbu x dan besarnya absorbansi hasil reaksi asam galat dengan pereaksi Folin-Ciocalteu dinyatakan sebagai sumbu y.

$$y = ax + c$$

Keterangan:

y = Absorbansi sampel;

x = Konsentrasi ekuivalen asam galat;

a = Gradien;

c = Intersef

3.5.8 Pembuatan Kurva Standar Kuersetin

Kurva standar flavonoid dibuat dengan sebanyak 10 mg kuersetin dilarutkan dengan etanol hingga 10 ml (kadar kuersetin menjadi 1mg/mL atau 1000 μ g/mL). Sebanyak 1ml larutan induk dilarutkan dalam labu takar 10mL dengan pelarut etanol (kadar kuersetin menjadi 100 μ g/mL). Kurva baku dibuat dengan memipet 0,5; 1,0; 1,5 dan 2,0 mL, dan ditambahkan dengan etanol (p.a 96%) masing-masing sampai volume akhir 10 mL (kadar larutan standar menjadi 0,05; 0,1; 0,15; dan 0,2 mg/100mL). Lalu diinkubasi selama 30 menit, kemudian dibaca absorbansinya dengan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 380 nm. Hasil yang didapat dibuat persamaan regresi linernya.

3.5.8.1 Pengujian Total Flavonoid

Pengukuran mengacu pada penelitian Sultana *et al.* (2012), sebanyak 1 ml sample yang sudah di ekstrak ditambahkan dengan 4 ml aquadest kedalam tabung reaksi, kemudian ditambahkan larutan NaNO₂ 5% sebanyak 0,3 ml lalu homogenkan dan diamkan selama 5 menit. Setelah itu ditambahkan AlCl₃ 10% sebanyak 0,3 ml lalu homogenkan dan didiamkan kembali selama 6 menit. Kemudian ditambahkan NaOH 1 M sebanyak 2ml dan aquadest sebanyak 2,4 ml lalu homogenkan dan selanjutnya diinkubasi selama 30 menit dalam ruang yang gelap. Dibaca absorbansi larutan dengan panjang gelombang 380 nm dengan spektrofotometer UV-Vis, hasilnya diplotkan terhadap kurva standar kuersetin menggunakan persamaan regresi linier.

3.5.9 Pengamatan Hidroksimetilfurfural (HMF)

Analisis hidroksimetilfurfural (HMF) dilakukan dengan mengacu pada AOAC Official Method 980.23-1999. Pereaksi yang digunakan dalam metode ini adalah sebagai berikut:

a. Larutan Carrez I

Ditimbang 15 gram alium feroksianida (K₄Fe (CN)₆ 3H₂O), kemudian larutkan dengan air dan diencerkan sampai 100mL dengan labu ukur.

b. Larutan Carrez II

Ditimbang 30 gram seng asetat $Zn(CH_3COO)_2 \cdot 2H_2O$, kemudian di larutkan dengan aquadest dan diencerkan sampai 100mL dalam labu ukur.

c. Natrium Bisulfit ($NaHSO_3$) 0,20%

Timbang sebanyak 0,20 gram $NaHSO_3$ kemudian larutkan dengan air dan diencerkan sampai 100mL dengan labu ukur.

Peralatan yang digunakan adalah spektrofotometer dengan panjang gelombang 284 nm dan 336 nm, mempunyai sel 1. Prosedur Pengujian HMF dilakukan dengan tahapan sebagai berikut:

a. Preparasi Sampel

Sampel madu sebanyak 5 gram dilarutkan dengan akuades hingga volume 25 mL. Larutan sampel ditambahkan larutan Carrez I dan Carrez II masing-masing sebanyak 0,50 mL. Kemudian larutan ditambahkan akuades dan dihomogenkan hingga volume 50 mL. Larutan sampel disaring hingga jernih. Dipipet 5ml sampel kedalam tabung reaksi (2 tabung), kemudian sebanyak 5ml air dimasukkan kedalam salah satu tabung (tabung A), kemudian vortex dan pada tabung lainnya (tabung B) dimasukkan 0,20% Natrium bisulfit sebanyak 5ml sebagai pembanding kemudian vortex.

b. Pengujian Sampel

Larutan dalam tabung A dan larutan B dibaca menggunakan spektrofotometer pada panjang gelombang 284 nm dan 336 nm dalam sel 1cm. Bila hasil absorbansi lebih tinggi dari 0,6 untuk memperoleh hasil yang lebih teliti larutan diencerkan dengan air sesuai dengan kebutuhan. Demikian pula pada larutan pembanding (larutan referensi) encerkan dengan cara yang sama menggunakan larutan $NaHSO_3$ 0,1% , dan nilai absorbansi yang diperoleh dikalikan dengan faktor pengenceran sebelum perhitungan.

c. Perhitungan

Perhitungan konsentrasi dari HMF dilakukan berdasarkan metode SNI 3545:2013 terkait cara uji HMF :

$$\text{HMF} \left(\frac{mg}{100g} \text{ madu} \right) = \frac{A_{284} - A_{336} \times 14,97 \times 5}{\text{Bobot sampel (g)}}$$

$$\text{Faktor} = \frac{126}{16830} \times \frac{1000}{10} \times \frac{100}{5} = 14,97$$

Keterangan:

126 : bobot molekul HMF

16830 : absortivitas molar HMF pada panjang gelombang 284 nm

1000 : mg/g

10 : cL/L

100 : gram madu yang dilaporkan

5 : bobot sampel dalam gram

3.5.10 Pengamatan Profil Gula

Pengujian profil gula (glukosa, fruktosa dan sukrosa) mengacu pada AOAC 980.13.2005; AOAC 977.20.2006; dan AOAC 982.14.2006. Sampel gula cair ditimbang sebanyak 0,2 g dan dimasukkan kedalam labu ukur 25 mL. Kemudian ditambahkan akuabides hingga setengah labu ukur dan disonifikasi selama 15 menit. Lalu ditambahkan akuabides hingga tanda tera labu ukur dan dihomogenkan. Kemudian disaring dengan syringe filter 0,45 μ m kedalam vial 2ml dan diinjeksikan ke dalam sistem HPLC.

3.6 Analisis Teknoekonomi

Kajian teknoekonomi dilakukan untuk menilai kesiapan pemanfaatan hasil pengolahan batang kelapa sawit tua mejadi gula cair atau sirup sawit berdasarkan aspek teknis dan finansialnya. Analisis aspek teknisnya dilakukan dengan beberapa metode yaitu pemasaran produknya yang dilakukan metode STP (segmenting, targeting, dan positioning), pada penentuan lokasi pendirian agroindustri digunakan Metode Penilaian Faktor (Factor Rating) yang mengombinasikan data kualitatif dan data kuantitatif. Rafidanta (2021) menyatakan bahwasanya skor diberikan pada faktor yang telah ditentukan sesuai kepentingannya berdasarkan bobot yang telah ditetapkan. Penentuan kapasitas produksi dilakukan dengan memperkirakan jumlah kebutuhan atau permintaan pasar. Penentuan tata letak agroindustri dilakukan dengan bagan keterkaitan yang digambarkan dengan Autocad 2024.

Analisis finansial dilakukan dengan menggunakan kriteria investasi seperti Break Event Point (BEP), Pay Back Periode (PBP), Net Present Value (NPV), dan

Internal Rate of Return (IRR). Analisis kelayakan finansial dilakukan setelah diperoleh penggunaan suhu terbaik dalam produksi gula cair atau sirup sawit, kemudian dilakukan analisis finansialnya untuk mengetahui kelayakan usaha. Berikut analisis yang akan dilakukan:

1. Aspek analisis ekonomi dilakukan menggunakan :

- **BEP (*Break Even Point*)**

BEP adalah titik impas di mana posisi jumlah pendapatan dan biaya sama atau seimbang sehingga tidak terdapat keuntungan ataupun kerugian. Analisis BEP berfungsi untuk menghitung jumlah laba agar tidak mengalami kerugian.

$$BEP = FC / (P - VC)$$

Keterangan :

FC = *Fixed Cost* atau Biaya Tetap

P = *Price Per Unit* atau Harga per unit (Gas LPG)

VC = *Variable Cost* atau Biaya Variabel

- **PBP (*Pay Back Periode*)**

PBP ialah jangka waktu dari pengembalian modal dalam suatu usaha bisnis, dimana periode pengembalian dlm jangka Waktu tertentu yg menentukan terjadinya suatu *Cash InFlow* (Arus Penerimaan) yang secara Kumulatif itu sama dengan Jumlah Investasi didalam Suatu Usaha Bisnis.

$$PBP = \frac{I}{NCF}$$

Keterangan :

I = Investasi awal

NCF = *Net Cash Flow* (arus kas bersih)

NCF = Laba Bersih + Penyusutan

PBP = Lamanya periode pengembalian

- ***Net Present Value* (NPV)**

NPV adalah perbedaan antara nilai sekarang dari keuntungan dengan nilai sekarang, yang besarnya dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$NPV = \frac{Rt}{(1 + i)^t}$$

Keterangan:

t = waktu arus kas

i = suku bunga yang digunakan

Rt = arus kas bersih (the net cash flow) dalam waktu t

Dengan kriteria,

- NPV > 0, maka proyek ekonomis untuk dijalankan
- NPV < 0, maka proyek tidak layak untuk dijalankan karena tidak ekonomis
- NPV = 0, maka proyek dapat dijalankan atau tidak dijalankan.

- **Internal Rate of Return (IRR)**

IRR dari suatu investasi adalah suatu nilai tingkat bunga yang menunjukkan bahwa nilai sekarang netto (NPV) sama dengan jumlah seluruh ongkos investasi usaha. Analisis IRR dilakukan untuk mengetahui laju pengembalian modal suatu usaha.

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

Dimana :

i_1 = tingkat *discount rate* yang menghasilkan NPV1

i_2 = tingkat *discount rate* yang menghasilkan NPV2

dengan kriteria :

IRR > tingkat bunga, maka usulan proyek diterima

IRR < tingkat bunga, maka usulan proyek ditolak

(Gittinger, 1986).

- **Net Benefit Cost Ratio (B/C Ratio)**

$$\text{Net } \frac{B}{C} = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{B_t - C_t}{(1+i)^t}}{\sum_{t=1}^n \frac{B_t - C_t}{(1+i)^t}}$$

Keterangan:

Bt = Benefit pada tiap tahun

Ct = Cost pada tiap tahun

t = 1, 2, 3, dst.

n = Jumlah tahun

i = Tingkat suku bunga

Kriteria yang digunakan (Umar, 2005):

BCR > 1, usaha layak untuk dijalankan

BCR = 1, usaha tersebut mengembalikan sama besarnya ditanamkan

BCR < 1, usaha tidak layak untuk dijalankan

Berikut Kuisisioner Penentuan Lokasi Agroindustri pada Tabel 2.

Tabel 2. Jenis kriteria keputusan untuk pemilihan lokasi industri

No	Jenis Kriteria	Bobot	Skor			
			Lampung Selatan	Lampung Tengah	Mesuji	Tulang Bawang
1	Kedekatan dengan Bahan baku	5. Sangat mudah 4. Mudah 3. Sedang 2. Sulit 1. Sangat sulit				
2	Fasilitas Transportasi	5. Sangat mudah 4. Mudah 3. Sedang 2. Sulit 1. Sangat sulit				
3	Kedekatan dengan Pasar	5. Sangat mudah 4. Mudah 3. Sedang 2. Sulit 1. Sangat sulit				
4	Ketersediaan infrastruktur dan faktor penunjang	5. Sangat mudah 4. Mudah 3. Sedang 2. Sulit 1. Sangat sulit				
5	Harga tanah	5. Sangat mudah 4. Mudah 3. Sedang 2. Sulit 1. Sangat sulit				
6	Penerimaan masyarakat	5. Sangat mudah 4. Mudah 3. Sedang 2. Sulit 1. Sangat sulit				
7	Ketersediaan Tenaga kerja	5. Sangat mudah 4. Mudah 3. Sedang 2. Sulit 1. Sangat sulit				
8	Kebijakan pemerintah daerah	5. Sangat mudah 4. Mudah 3. Sedang 2. Sulit 1. Sangat sulit				

V. KESIMPULAN

Kesimpulan yang diperoleh dari penelitian ini adalah Suhu pemasakan berpengaruh terhadap kualitas gula yang dihasilkan. Hasil analisis terhadap sifat fisikokimia gula cair yang dihasilkan diperoleh bahwasanya perlakuan terbaik suhu pemasakan dengan menggunakan hotplate dengan suhu 400°C, hal ini ditunjukkan dengan nilai persentase brix yaitu 69,5° dan nilai pH tertinggi yaitu 5,89. Besaran nilai kadar air dan kadar abu terendah yaitu 37% dan 3,3%. Rendemen gula juga termasuk cukup tinggi yaitu 25,2%. Gula cair pemasakan suhu 400°C diuji analisis profil gula yaitu kandungan glukosanya 33%, fruktosanya 16% dan sukrosa yang tidak terdeteksi. Hasil uji kadar HMF pada gula cair suhu 400°C diperoleh hasil 107mg/kg (tidak sesuai SNI), sehingga analisis kelayakan finansial dilakukan dengan metode pemasakan gula menggunakan kompor.

Analisis finansial yang dilakukan menunjukkan hasil NPV sebesar Rp 1.015.268.609 dimana artinya usaha layak dijalankan (>1), nilai IRR menunjukkan angka 22,04% yang sudah melebihi suku bunga proyek yaitu 8,3% sehingga usaha layak dijalankan(>suku bunga proyek), nilai Net B/C rasio diperoleh nilai 1.2555 yang artinya usaha layak dijalankan (>1), analisis PBP menunjukkan periode proyek 4,1 tahun dimana masih dibawah periode proyek (10 tahun) sehingga usaha layak dijalankan. Nilai BEP unit yaitu sebesar 91.284 botol, dan BEP rupiah Rp 1.100.748.999, dengan analisis sensitivitas yang menunjukkan bahwasanya apabila terjadi kenaikan harga bahan bakar bahkan sampai 20% usaha tetap memenuhi kriteria kelayakan dan tetap menghasilkan keuntungan.

DAFTAR PUSTAKA

- Amrih, D., Syarifah, A. N., Marlinda, G., Budiarti, P., Safitri, A., Nugraha, I. S. A., Izzati, N. K., Lejap, T. Y. T., Maulana, I., & Rahmanto, L. (2023). Pengaruh Pemanasan Terhadap Perubahan Warna Pada Pangan. *Journal of Innovative Food Technology and Agricultural Product*. 1–4.
<https://doi.org/10.31316/jitap.vi.5781>
- AOAC. 2016. Official Methods of Analysis Association of Official Analytical Chemists 20th edition. Benjamin Franklin Station. Washington DC.
- Badan Pusat Statistik. 2021. *Produksi Gula Nasional 2020*. Jakarta
- Bahmani, M., Schmidt, O., Fathi. L., and Frühwald, A. 2016. Environment-friendly short-term protection of palm wood against mould and rot fungi. *Wood Mater Science Engineering* 4:239–247.
<https://doi.org/10.1080/17480272.2014.981581>
- Barlina, R.S.L. dan Manaroinsong, E. 2020. Potensi dan Teknologi Pengolahan Komoditas Aren Sebagai Produk Pangan dan Nonpangan. *Jurnal Litbang Pertanian*. 39(1): 35-47.
- Bogdanov, S., Ruoff, K., & Oddo, L. P. 2004. Physico-Chemical Methods for The Characterization of Unifloral Honey: A Review. *Apidologie*. 35(2): 4-17.
DOI: 10.1051/apido:2004047
- Bozkurt, H., Gogus, F., Eren, S. 1999. Nonenzymic Browning Reactions in Boiled Grape Juice and its Models During Storage. *Food Chemistry*. 64(1): 89-93. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(98\)00081-8](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(98)00081-8)
- BPPSDMP. 2010. Cara Pembuatan Gula Merah dari Nira Kelapa Sawit.
<http://cybex.pertanian.go.id/> (21 November 2023)

- Candy, N. G., dan Pamungkas, A. 2013. Penentuan Alternatif Lokasi Industri Pengolahan Sorgum di Kabupaten Lamongan. *Jurnal Teknik POMITS*. 2 (2): 1-4.
- Darmawan, S dan Agustiani, R. 2011. Penurunan Kadar Air Madu Hutan Alam Sumbawa. *Prosiding Seminar Nasional Peranan Hasil Litbang Hasil Hutan Bukan Kayu dalam Mendukung Pengembangan Kehutanan*. NTB. 319-321.
- Dewi, S. R., Izza, N., Agustiningrum, D. A., Indriani, D. W., Sugiarto, Y., Maharani, D. M., dan Yulianingsih, R. 2014. Pengaruh Suhu Pemasakan Nira dan Kecepatan Pengadukan Terhadap Kualitas Gula Merah Tebu. *Jurnal Teknologi Pertanian*, 15(3), 149-158.
- Direktorat Jendral Perkebunan. 2022. *Statistik Perkebunan Unggulan Nasional 2020-2022*. Kementerian Pertanian. Jakarta.
- Direktorat Jendral Perkebunan. 2024. *Pemanfaatan Batang Kelapa Sawit*. Kementerian Pertanian. Jakarta
- Dubois, M., Gilles, K.A., Hamilton, J.K., Rebers, P.A., and Smith, F. 1956. Colorimetric Method for Determination of Sugars and Related Substances. *Analytical Chemistry* 28: 350– 356.
- Erwinda, M. dan Hadi, W. 2014. Pengaruh pH Nira Tebu (*Saccharum officinarum*) dan Konsentrasi Penambahan Kapur Terhadap Kualitas Gula Merah. *Jurnal Pangan dan Agroindustri*. 2(3):54-64.
- Fauzi, Y., Widyastusi, Y.E., Satyawibawa, I., dan Paeru, R.H. 2012. Kelapa Sawit Budi Daya Pemanfaatan Hasil dan Limbah Analisis Usaha dan Pemasaran. *Penebar Swadaya*. Jakarta.
- Fauzia, L. 2017. Analisis Kelayakan Pengolahan Gula Merah dari Nira Kelapa Sawit (Studi Kasus: Desa Pegajahan Kecamatan Pegajahan, Kabupaten Serdang Bedagai, Sumatera Utara). [Doctoral dissertation]. Universitas Sumatera Utara.
- Fauzy, N., Maskuddin., dan Subroto. 1991. Prospek Penyadapan Nira Sawit. *Berita penelitian perkebunan*. 1(2) :81-89.
- Giatman, M. 2006. Ekonomi Teknik. *Raja Grafindo Persada*. Jakarta.
- Gulo, M. S. C. R., Karo-karo, T., dan Nainggolan, R. J. 2018. Pengaruh Umur Pohon Kelapa Sawit dan Tahapan Pengeluaran Nira Terhadap Mutu Nira

- Kelapa Sawit (*Elais guineensis Jacq*). *Jurnal Rekayasa Pangan dan Pertanian*. 6(2): 273-278.
- Harahap, N.M., 2019. Karakterisasi dan Pemurnian Nira Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis Jacq.*) Menggunakan Zeolit. *Doctoral dissertation*. Universitas Sumatera Utara.
- Hartiati, A., Mulyani, S., dan Dwi, P. N. 2009. Pengaruh Preparasi Bahan Baku Rosella dan Waktu Pemasakan Terhadap Aktivitas Antioksidan Sirup Bunga Rosella (*Hisbiscus sabdariffa L.*). *Jurnal Argotekno*, 15(1): 20-24.
- Heldman, D. R. 2012. Food Process Engineering Second Edition. *The AVI Publishing Company, Inc.* Westport.
- Hidayat, R. S. 2017. Analisis Pengaruh Strategi Segmenting, Targeting dan Positioning Terhadap Keputusan Pelanggan Membeli Nu Green Tea. *Jurnal Ekonomika dan Manajemen*, 6(1), 28-43.
- Hutami, R., Pribadi, M. F. I., Nurcahali, F., Septiani, B., Andarwulan, N., Sapanli, K., dan Wahyudi, S. 2023. Proses Produksi Gula Aren Cetak (*Arenga pinnata*, Merr) Di Indonesia. *Jurnal Ilmiah Pangan Halal*, 5(2), 119-130.
- Ibrahim, A. M., Yunianta, Y., dan Sriherfyna, F. H. 2015. Pengaruh Suhu dan Lama Waktu Ekstraksi Terhadap Sifat Kimia dan Fisik Pada Pembuatan Minuman Sari Jahe Merah (*Zingiber officinale var. Rubrum*) dengan Kombinasi Penambahan Madu Sebagai Pemanis. *Jurnal Pangan dan Agroindustri*, 3(2), 530-541.
- Ibrahim, Y. 2003. Studi Kelayakan Bisnis (edisi revisi). PT. Rineka Cipta. Jakarta.
- Irianto, H. 1998. Kajian Kelayakan Teknoekonomi Produk Cabe Merah Keriting Segar dan Olahan. [Thesis]. Institut Pertanian Bogor. Jawa Barat.
- Ismail, J., Runtuwene, M. R., & Fatimah, F. 2012. Penentuan Total Fenolik dan Uji Aktivitas Antioksidan Pada Biji Dan Kulit Buah Pinang Yaki (*Areca vestiaria Giseke*). *Jurnal Ilmiah Sains*, 84-88.
- Kadariah, L. K. 1988. "Evaluasi Proyek Analisa Ekonomis". LPFE-UI. Universitas Indonesia. Jakarta.
- Kementerian Pertanian. 2020. Laporan Tahunan 2019 Direktorat Jendral Perkebunan Kementerian Pertanian Republik Indonesia-Perkembangan Perkebunan 2019. Jakarta: Direktorat Jendral Perkebunan.

- Kunasundari, B., Arai, T., Sudesh, K., Hashim, R., Sulaiman, O., Stalin, N. J., and Kosugi, A. 2017. Detoxification of Sap from Felled Oil Palm Trunks for The Efficient Production of Lactic Acid. *Applied Biochemistry and Biotechnology*. 183(1): 412-425.
- Kusuma, P. T. W. W., & Mayasti, N. K. I. 2014. Analisa Kelayakan Finansial Pengembangan Usaha Produksi Komoditas Lokal: Mie Berbasis Jagung. *Jurnal Agritech*. 34(2): 194-202.
<https://doi.org/10.22146/agritech.9510>
- Lastriyanto, A., dan Aulia, A. I. 2021. Analisa Kualitas Madu Singkong (Gula Pereduksi, Kadar Air, dan Total Padatan Terlarut) Pasca Proses Pengolahan Dengan Vacuum Cooling. *Jurnal Ilmu Produksi dan Teknologi Hasil Peternakan*. 9(2): 110-114.
- Lempang, M., 2019. Rendamen dan Kandungan Nutrisi Nata Pinnata yang Diolah dari Nira Aren.Pohon Aren dan Manfaat Produksi. *Info Teknis EBONI*. 9 (1): 37-54.
- Litana J., Karo-Karo, T., dan Yusrini. E. 2018. Karakteristik Kimia Parsial Nira Pada Beberapa Interval Waktu Pengambilan Dengan Variasi Lama Pelayuan dari Batang Pohon Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq) yang Ditumbangkan. *Journal of Food and Life Sciences*. 2(2): 77-78.
<https://doi.org/10.21776/ub.jfls.2018.002.02.02>
- Manaf, A. H., Hidayatullah, M. N., dan Andawiyah, R. A. 2023. Inovasi Gula Siwalan Cair pada Upaya Meningkatkan Ekonomi Masyarakat Desa Kabupaten Sumenep. Karaton. *Jurnal Pembangunan Sumenep*. 3(1): 91-103.
- Marlida, Y., Mirzah, Arief, S., dan Amru, K. 2014. Produksi Glukosa Dari Batang Kelapa Sawit Melalui Proses Hidrolisis Secara Enzimatis Menggunakan Amilase Termotabil. *Jurnal Riset Kimia* 7(2): 194-200.
- Meldayanoor, M., Darmawan, M. I., dan Nurinayah, E. 2019. Analisis Segmenting, Targeting, Positioning (STP) Terhadap Kepuasan Konsumen pada Produk Kerupuk Buah UD. Sukma Cap MD Desa Sumber Makmur Kec. Takisung Kab. Tanah Laut Kal-Sel. *Jurnal Teknologi Agro-Industri*, 6(1), 9-19.

- Muenmanee, N., Joomwong, A., Natwichai, J., and Boonyakiat, D. 2016. Changes in Physico-Chemical Properties During Fruit Development of Japanese Pumpkin (*Cucurbita maxima*). *International Food Research Journal*. 23(5) 2063-2070.
- Nilasari, O. W., Susanto, W. H., dan Maligan, J. M. 2017. Pengaruh suhu dan lama pemasakan terhadap karakteristik lempok labu kuning (waluh). *Jurnal Pangan dan Agroindustri*. 5(3): 15-26.
- Nurhidayati., Hasfianti, F. E., dan Wahyudi, K. 2020. Kajian Teknoekonomi Kaolin Belitung sebagai Bahan Substitusi Impor pada Produksi Fiber Cement Board. *Jurnal Keramik dan Gelas Indonesia*. 2(2): 152-164.
- Pahan, I. 2012. Panduan Lengkap Kelapa Sawit. *Penebar Swadaya*. Jakarta.
- Permata, D. 2015. Aktivitas Inhibisi Amilase dan Total Polifenol Teh Daun Sisik Naga Pada Suhu Dan Pengeringan Yang Berbeda. Prosiding Seminar Agroindustri dan Lokakarya Nasional FKPT-TPI Program Studi TIP-UTM. Pp A171-A176.
- Pridatama, A. A. S., Dewi, E., dan Zamhari, M. 2023. Pembuatan Gula Semut dari Nira Nipah (*Nypa Fruticans*) menggunakan Alat Kristalisator. *Jurnal Pendidikan Tambusai*. 7(3): 21544-21550.
- Rahayu, W.P. and Nurwitri, C.C., 2019. *Mikrobiologi pangan*. PT Penerbit IPB Press.
- Rahman, M. F., Purwanto, H., dan Yunita, D. 2017. Pemekatan Nira Kelapa Menggunakan Metode Pemanasan Terbuka Pada Kompor Tungku Berbahan Bakar Arang. *Jurnal Rekayasa Pangan dan Pertanian*, 5(2): 186-192.
- Ramadani, N.U., 2018. Pengaruh Suhu dan Waktu Evaporasi Tanaman Cabai Rawit (*Capsicum frutescens L.*) Menggunakan Evaporator Vakum dalam Optimasi Kadar Vitamin C dengan menggunakan Response Surface Methodology (RSM). [Doctoral dissertation]. Universitas Diponegoro. Semarang.
- Risman dan Iskanto. 2018. Analisis Program Replanting Kebun Kelapa Sawit Anggota KUD Makarti Jaya Di Desa Kumain Kecamatan Tandun Kabupaten Rokan Hulu. *Eko dan Bisnis (Riau Economics and Business Review)*. 9(2): 85-88.

- Sahambangung, M. J., Lengkey, L. C., and Rumambi, D. 2016. Penentuan umur simpan sirup pala berdasarkan perubahan derajat keasaman pH. In *COCOS*. 7(3).
- Sakri, F. M. 2012. Madu dan Khasiatnya Suplemen Sehat Tanpa Efek Samping Diandra Pustaka Indonesia. Yogyakarta.
- Sari, D. K., Affandi, D. R., dan Prabawa, S. 2020. Pengaruh Waktu dan Suhu Pengeringan Terhadap Karakteristik Teh Daun Tin (*Ficus carica L.*). *Jurnal Teknologi Hasil Pertanian*. 12(2): 68-77.
- Schmidt, O., Magel, E., Frühwald, A., Glukhykh, L., Erdt, K., and Kaschuro, S. 2016. Influence of Sugar and Starch Content of Palm Wood on Fungal Development and Prevention of Fungal Colonization by Acid Treatment. *Holzforschung* 70(8): 783–791.
- Simatupang, J. T., Simatupang, A. E. C., dan Manurung, M. 2022. Analisis Nilai Tambah Nira Sawit Menjadi Gula Merah Skala Industri Rumah Tangga Kasus: Desa Pegajahan Kecamatan Pegajahan Kabupaten Serdang Bedagai. *Jurnal METHODAGRO*, 8(1), 77-84.
- Soetedjo, J. N. M. dan Suharto, I. 2008. Perancangan dan Uji Coba Alat Evaporator Nira Aren. *Research Report-Engineering Science* 1 :1-60.
- Suad dan Suwarsono. 2014. Studi Kelayakan Proyek Bisnis. UPP STIM YKPN. Yogyakarta. 409 hlm
- Sukirno. 2010. Cara Pembuatan Gula Merah dari Nira Kelapa Sawit. Cybex. <http://cybex.pertanian.go.id/mobile/artikel/17483/>
- Sukoyo, A., Argo, B., D. dan Yulianingsih, R. 2014. Analisis Pengaruh Suhu Pengolahan dan Derajat Brix terhadap Karakteristik Fisikokimia dan Sensoris Gula Kelapa Cair dengan Metode Pengolahan Vakum. *Jurnal Bioproses Komoditas Tropis*. 2(2). 170-179.
- Sultana, M., Verma, P. K., Raina, R., Prawez, S., and Dar, M. A. 2012. Quantitative Analysis of Total Phenolic, Flavonoids and Tannin Contents in Acetone and N-Hexane Extracts of *Ageratum Conyzoides*. *International Journal of ChemTech Research*. 3. 996-999.
- Sutalaksana, I. Z., Anggawisastra, R., dan Tjakraatmaja, J. H. 2006. *Teknik Perancangan Sistem Kerja Edisi Kedua*. Penerbit ITB. 213 hlm.

- Suwandi, L. Nuryati, A. Yasin, dan Respati E. 2016. Outlook Kelapa Sawit. Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian Sekretariat Jenderal, Jakarta
- Suwandi, T. 1993. Karakterisasi Nira Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis*, Jacq.) yang Disadap Melalui Bunga Jantan dan Pohon Tumbang. IPBPress, Bogor.
- Suwanti, A. dan Rasyid, R. A. 2021. Pengelolaan Gula Merah dalam Peningkatan Perekonomian Masyarakat Desa Papalang Kabupaten Mamuju. *Jurnal FEB UNMUL*. 18(2): 370–377.
- Syarif, R. S., Nuryadi, A. M., Sulistyorini, J., dan Sukron, A. 2021. Pengaruh Penambahan Glukosa dan Derajat Brix untuk Menghambat Proses Kristalisasi pada Produk Gula Cair Nira Aren Additional Glucose and the Effect of Brix Degree to Inhibite the Crystalization Process in Liquid Sugar Products. *Jurnal Penelitian Teknologi Industri*, 13(1). 27-36.
- Tinaprilla, N. 2007. Jadi Kaya dengan Berbisnis di Rumah. PT. Elex Media Komputindo. Jakarta. 248 hlm.
- Trinh, N.T.N., Tuan, N.N., Thang, T.D., Kuo, P.C., Thanh, N.B., Tam, L.N., Tuoi, L.H., Nguyen, T.H., Vu, D.C., Ho, T.L. and Anh, L.N., 2022. Chemical Composition Analysis and Antioxidant Activity of Coffea Robusta Monofloral Honeys from Vietnam. *Foods*, 11(3): 388
- Umar. 2005. Studi Kelayakan Bisnis. Teknik Menganalisis Kelayakan Rencana Bisnis Secara Komprehensif. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta
- Widyaningsih, F., Irwanto, R. and Panjaitan, D.B., 2023. Characterization of Oil Palm Sap (*Elaeis guineensis* Jacq. Results of Zero Waste Based Waste Treatment). *Jurnal Kesmas Dan Gizi (JKG)*, 5(2): 195-202.
- Wignjosoebroto, S. 2003. *Ergonomi Studi Gerak dan Waktu - Teknik Analisis untuk Peningkatan Produktivitas Kerja*.
- Wilberta, N., Sonya, N.T. dan Lydia, S.H.R., 2021. Analisis Kandungan Gula Reduksi Pada Gula Semut Dari Nira Aren Yang Dipengaruhi pH Dan Kadar Air. *Bioedukasi (Jurnal Pendidikan Biologi)*. 12 (1): 101-108
- Wulandika V., Novianti N., Siahaan O.S.H. dan Zulfansyah. 2019. Pembuatan gula merah dari nira batang sawit dengan teknologi vakum. Pp. 21-22. Prosiding Teknologi dan Pengelolaan Lingkungan Tropis, Pekanbaru.

- Yamada H., Tanaka R., Sulaiman, O., Hashim R., Hamid, Z.A.A., Yahya M.K.A., Kosugi A., Arai T., Murata Y., Nirasawa S., Yamamoto K., Ohara S., Yusof M.N.M., Ibrahim W.A., and Mori Y. 2010. Old Oil Palm Trunk: A Promising Source of Sugars for Bioethanol Production. *Biomass and Bioenergy*. 34(11): 1608-1613.
- Yilmaz-Ersan, L., Ozcan, T., Akpınar-Bayazit, A., and Sahin, S. 2018. Comparison of Antioxidant Capacity of Cow and Ewe Milk Kefirs. *Journal of Dairy Science*. 101(5): 3788-3798.
- Yuliwaty, S. T., dan Susanto, W. H. 2015. Pengaruh Lama Pengeringan dan Konsentrasi Maltodekstrin Terhadap Karakteristik Fisik Kimia dan Organoleptik Minuman Instan Daun Mengkudu (*Morinda Citrifolia* L). *Jurnal Pangan dan Agroindustri*. 3(1). 41-52.
- Zuliana, C., Widyastuti, E., dan Susanto, W. H. 2016. Pembuatan Gula Semut Kelapa (Kajian Ph Gula Kelapa dan Konsentrasi Natrium Bikarbonat). *Jurnal Pangan dan Agroindustri*, 4(1).