

**KARAKTERISTIK GULA CAIR BATANG KELAPA SAWIT TUA
BERDASARKAN PENUNDAAN WAKTU EKSTRAKSI NIRA
(Tesis)**

Oleh
Asha Aunaya La Assqiya
2224051010



**MAGISTER TEKNOLOGI INDUSTRI PERTANIAN
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
2024**

ABSTRACT

CHARACTERISTICS OF LIQUID SUGAR FROM OLD OIL PALM TRUNK SAP BASED ON DELAY IN EXTRACTION TIME

By
ASHA AUNAYA LA ASSQIYA

Old palm trunks have a lot of water and various chemical content such as short-chain carbohydrates that have potential as a source of sugar production. The sugar content of old oil palm trunk sap can be influenced by the holding time of the palm trunk before extraction. The holding time of old palm trunks before extraction will increase the sugar content in palm sap water. This study aims to determine the characteristics of liquid sugar obtained from old oil palm trunks with delayed extraction time treatment. The experiment was a non-factorial and arranged in a complete randomized block design. The treatment was 5 levels of delay time of oil palm trunks before extraction : 1, 2, 3, 4, and 5 weeks. Some data were tested for homogeneity and additivity using the Bartlett and Tuckey tests, then the data were subjected to analysis of variance (ANOVA), and continued with the Least Significant Difference (LSD) test and some data were presented descriptively in the form of tables and graphs (Microsoft Excel Data Analysis). The results showed that the best liquid sugar with the treatment of delaying old palm trunks for 4 weeks with 2.5 liters of initial juice produced a yield of 24% with a cooking time of 135 minutes, pH 5.5, total soluble solids 72°brix, moisture content 38%, ash content 3.17%, total sugar 87.82 g/100g, total phenols 872.78 mg/100g, total flavonoids 28.42 mg/100mg, . The best treatment has a sugar profile that shows glucose, fructose and sucrose levels are 21.31%, 12.57% and 8.66% respectively, IC₅₀ DPPH value of 136.36 µg/mL and ABTS of 19.44 IC₅₀ DPPH value of 136.36 µg/mL, Hydroxymethylfurfural (HMF) and heavy metal were not detected. Furthermore glycemic index (GI value) was categorised as low GI (49.6).

Keyword : old oil palm trunks, liquid sugar, delay time

ABSTRAK

KARAKTERISTIK GULA CAIR BATANG KELAPA SAWIT TUA BERDASARKAN PENUNDAAN WAKTU EKSTRAKSI NIRA

Oleh

ASHA AUNAYA LA ASSQIYA

Batang kelapa sawit mengandung air yang tinggi serta berbagai komponen kimia seperti karbohidrat rantai pendek yang memiliki potensi sebagai sumber produksi gula. Kandungan gula dari nira batang kelapa sawit tua dapat dipengaruhi oleh waktu tunda batang sawit sebelum ekstraksi. Penundaan batang kelapa sawit tua sebelum ekstraksi akan meningkatkan kadar gula pada air nira kelapa sawit. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik gula cair yang diperoleh dari batang kelapa sawit tua dengan perlakuan penundaan waktu ekstraksi. Penelitian ini disusun dalam rancangan acak kelompok lengkap non factorial dengan perlakuan waktu tunggu batang kelapa sawit sebelum ekstraksi pada minggu ke 1, 2, 3, 4, dan 5. Beberapa data pengamatan diuji homogenitas dan aditifitasnya dengan menggunakan uji Bartlett dan uji Tuckey, kemudian data diuji dengan analisis varian (ANOVA), dan dilanjutkan dengan uji Beda Nyata Terkecil (BNT) serta beberapa data disajikan secara deskriptif dalam bentuk tabel dan grafik (*Microsoft Excel Data Analysis*). Hasil penelitian menunjukkan bahwa gula cair terbaik dengan perlakuan penundaan batang kelapa sawit tua selama 4 minggu dengan nira awal 2,5 liter menghasilkan rendemen sebanyak 24% dengan waktu pemasakan 135 menit, pH 5,5, total padatan terlarut 72°brix, kadar air 38%, kadar abu 3,17%, total gula 87,82 g/100g, total fenol 872,78 mg/100g, total flavonoid 28,42 mg/100mg. Perlakuan terbaik memiliki profil gula yang menunjukkan kadar glukosa, fruktosa dan sukrosa secara berturut-turut adalah 21,31%, 12,57% dan 8,66%, nilai IC50 DPPH sebesar 136,36 µg/mL dan ABTS sebesar 19,44 nilai IC50 DPPH sebesar 136,36 µg/mL, pengujian Hidroksimetilfulfural (HMF) dan logam berat menunjukkan hasil tidak terdeteksi, serta pengujian respon glikemik yang menunjukkan nilai IG 49,6 yang termasuk kedalam kategori rendah.

Kata kunci : batang kelapa sawit tua, gula cair, penundaan batang

**KARAKTERISTIK GULA CAIR BATANG KELAPA SAWIT TUA
BERDASARKAN PENUNDAAN WAKTU EKSTRAKSI NIRA**

**Oleh:
Asha Aunaya La Assqiya**

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**

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua

Dr. Ir. Siti Nurdjanah, M. Sc.

Seljanah

Sekretaris

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

Penguji

Bukan Pembimbing

: Dr. Ir. Tanto Pratondo Utomo, M.Si.

: Prof. Dr. Sri Hidayati, S. T. P., M. P.

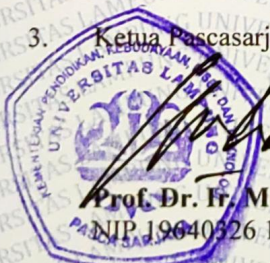
2. Dekan Fakultas Pertanian



Dr. Ir. Kuswanta Futas Hidayat, M.P.

NIP. 19641118 198902 1 002

3. Ketua Pascasarjana Fakultas Pertanian



Prof. Dr. Ir. Murhadi, M. Si.

NIP. 19640326 198902 1 001

Tanggal Lulus Ujian Tesis: 13 Juni 2024

PERNYATAAN KEASLIAN HASIL KARYA

Saya Asha Aunaya La Assqiya NPM 2224051010

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, Juli 2024
Pembuat Pernyataan



Asha Aunaya La Assqiya
NPM. 2224051010

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Cipanas, Kabupaten Cianjur, Jawa Barat pada Tanggal 3 Maret 2000 dari pasangan Bapak Ade Hamidin dan Ibu Yayah Rohayati. Penulis merupakan anak ketiga dari tiga bersaudara. Penulis menyelesaikan studi tingkat Sekolah Dasar di MI Darul Huda pada tahun 2011, tingkat Menengah Pertama di MTs. Assaidiyyah pada tahun 2014, dan tingkat Menengah Atas di SMAN 1 Sukaresmi pada tahun 2017. Penulis melanjutkan pendidikan S1 di Program Studi Teknologi Industri Pertanian, Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung yang diselesaikan pada tahun 2021.

SANWACANA

Bismillahirrohmanirohim

Alhamdulillahillobbil'aalaamiin, puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT, yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya hingga penulis dapat menyelesaikan tesis ini yang berjudul “Kajian Karakteristik Gula Cair Batang Kelapa Sawit Tua Berdasarkan Penundaan Waktu Ekstraksi Nira”. Tesis ini diajukan untuk memenuhi salah satu 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 dari berbagai pihak selama proses studi dan juga selama proses penyusunan skripsi 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 kedua 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 utama 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. Ibu Prof. Dr. Sri Hidayati, S. T. P., M. P. selaku pembahas kedua atas bantuan, nasihat, juga saran dalam penyusunan tesis ini;
8. Ibu Prof. Ir. Neti Yuliana, M. Si. Ph. D. 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. Teristimewa kepada keluarga, orang tua tercinta yang selalu memberikan doa, dukungan dan semangat kepada penulis selama menjalani perkuliahan dan menyelesaikan tesis ini yaitu : Ade Hamidin dan Yayah Rohayati. Selain itu kedua kakak kandung dan kedua kakak ipar yang sudah memberikan semangat, nasehat, materi dan motivasi kepada penulis dalam penyelesaian studi dan penyelesaian tesis ini yaitu : Miranti Safitri, S. Si., M. Si., Wildan Hakim, S. Si., Hilman Permadi Kusuma, S. Kom., dan Resti Vina Octavia, A. Md.
11. Keluarga besar Laboratorium Pengelolaan Limbah Agroindustri THP FP Unila: Bapak Joko, Mba Amel, Radya Yogautami., Mas Teguh, Mas Vico, Mba Nurbaiti, Nisa, Mario, Febri, Adjie, Alip, Masdiah, Meisya, Aurel 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 Radya Yogautami. Terimakasih atas bantuan, kerjasama dalam penyusunan tesis, kebersamaan, dan suka duka selama penelitian;
13. Sahabat-sahabatku tercinta Sahira, Mela, Novita, Dini, Fanny, Cindy, Caca, Uput serta teman-temanku keluarga besar MTIP 2022 tercinta atas dukungan, bantuan, semangat, keceriaan, suka duka, serta kebersamaannya selama penulis menyelesaikan tesis ini;
14. Sahabat dan orang terkasih Gagah Wicaksono, S. P. yang sudah memberikan bantuan, semangat, nasehat selama penulis menyelesaikan tesis ini

Akhir kata, penulis berharap semoga segala bantuan yang diberikan kepada penulis menjadi pahala dan ridho Allah SWT, Penulis menyadari bahwasanya tesis ini

masih jauh dari kata sempurna. Akhirnya penulis berharap semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi penulis pada khususnya maupun kepada pembaca. Aamiin.

Bandar Lampung, Juli 2024

Penulis,

Asha Aunaya La Assqiya

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR.....	1
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan	3
1.3 Kerangka Pemikiran.....	3
II. TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Tanaman Kelapa Sawit	6
2.2 Potensi Pemanfaatan Batang Kelapa Sawit Tua	7
2.3 Nira Kelapa Sawit	9
2.4 Penundaan Batang Kelapa Sawit Tua	10
2.5 Teknologi Pengolahan Gula Cair	11
III. METODE PENELITIAN.....	15
3.1 Waktu dan Tempat	15
3.2 Alat dan Bahan.....	15
3.3 Metode Penelitian	15
3.4 Pelaksanaan Penelitian.....	16
3.4.1 Persiapan Batang Kelapa Sawit Tua	16
3.4.2 Pembuatan Gula Cair	18
3.5 Pengujian.....	19
3.5.1 Derajat Keasaman (pH) (AOAC, 2005)	19
3.5.2 Derajat Brix	19
3.5.3 Kadar Air (AOAC, 2019).....	19
3.5.4 Kadar Abu (AOAC, 2016)	20
3.5.5 Total Gula.....	20
3.5.6 Pembuatan Kurva Standar Glukosa.....	21

3.5.7 Kadar Total Fenol, Flavonoid dan Antioksidan	21
3.5.8 Penentuan IC ₅₀	24
3.5.9 Profil Gula (Glukosa, Fruktosa, Sukrosa)	26
3.5.10 Hidroksimetilfurfural (HMF).....	26
3.5.11 Logam Berat.....	28
3.5.12 Respon Glikemik	28
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	30
4.1 Karakteristik Nira.....	30
4.1.1 Derajat Keasaman (pH).....	30
4.1.2 Total Padatan Terlarut (Derajat Brix).....	31
4.1.3 Kadar Abu.....	32
4.2 Karakteristik Gula Cair Kelapa Sawit.....	33
4.2.1 Waktu Pemasakan dan Rendemen	33
4.2.2 Derajat Keasaman (pH).....	34
4.2.3 Total Padatan Terlarut (Derajat Brix)	35
4.2.4 Kadar Air	37
4.2.5 Kadar Abu	38
4.2.6 Total Gula.....	40
4.2.7 Total Fenol	42
4.2.8 Total Flavonoid	43
4.2.9 Uji Aktivitas Antioksidan Metode DPPH	45
4.2.10 Uji Aktivitas Antioksidan Metode ABTS.....	47
4.3 Perlakuan Terbaik	48
4.3.1 Analisis IC ₅₀	50
4.3.2 Profil Gula	51
4.3.3 Hidroksimetilfurfural (HMF)	52
4.3.4 Logam Berat	53
4.3.5 Respon Glikemik.....	54
4.4 Usulan Design Proses Pengolahan Gula	58
V. KESIMPULAN DAN SARAN	61
5.1 Kesimpulan	61
5.2 Saran	61
DAFTAR PUSTAKA.....	62
LAMPIRAN.....	73

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Standar mutu sirup glukosa menurut SNI 2978:2021	12
2. Waktu pemasakan dan rendemen gula cair dengan berbagai perlakuan.....	33
3. Nilai bobot kriteria gula cair	49
4. Hasil perhitungan perlakuan terbaik gula cair dengan metode bayes	49
5. Perlakuan Terbaik Gula Cair Batang Kelapa Sawit Tua.....	50
6. Nilai IC ₅₀ gula cair kelapa sawit dan asam askorbat.....	50
7. Profil Gula Cair Kelapa Sawit Perlakuan Penundaan Minggu ke-4	51
8. Kandungan logam berat gula cair kelapa sawit.....	54
9. Rerata Nilai Indeks Glikemik Gula Cair	56
10. Data kadar air gula cair kelapa sawit	74
11. Uji homogenitas kadar air gula cair kelapa sawit	74
12. ANARA kadar air gula cair kelapa sawit.....	74
13. Uji BNT kadar air gula cair kelapa sawit.....	75
14. Data kadar abu gula cair kelapa sawit.....	75
15. Uji homogenitas kadar abu gula cair kelapa sawit.....	75
16. ANARA kadar abu gula cair kelapa sawit	76
17. Uji BNT kadar abu gula cair kelapa sawit	76
18. Data total gula gula cair kelapa sawit	76
19. Uji homogenitas total gula gula cair kelapa sawit	76
20. ANARA total gula gula cair kelapa sawit.....	77
21. Uji BNT total gula gula cair kelapa sawit.....	77
22. Data total fenol gula cair kelapa sawit	78
23. Uji homogenitas total fenol gula cair kelapa sawit	78
24. ANARA total fenol gula cair kelapa sawit	79
25. Uji BNT total fenol gula cair kelapa sawit.....	79

Halaman

26. Data flavonoid gula cair kelapa sawit	79
27. Uji homogenitas total flavonoid gula cair kelapa sawit	80
28. ANARA total flavonoid gula cair kelapa sawit	80
29. Uji BNT total flavonoid gula cair kelapa sawit	81
30. Data aktivitas antioksidan DPPH gula cair kelapa sawit	81
31. Uji homogenitas aktivitas antioksidan DPPH gula cair kelapa sawit	82
32. ANARA aktivitas antioksidan DPPH gula cair kelapa sawit.....	82
33. Uji BNT aktivitas antioksidan DPPH gula cair kelapa sawit.....	82
34. Data aktivitas antioksidan ABTS gula cair kelapa sawit	83
35. Uji homogenitas aktivitas antioksidan ABTS gula cair kelapa sawit	83
36. ANARA aktivitas antioksidan ABTS gula cair kelapa sawit.....	84
37. Uji BNT aktivitas antioksidan ABTS gula cair kelapa sawit.....	84
38. Data Responden Pengujian Respon Glikemik	86
39. Data Respon Glukosa Darah Responden Terhadap Glukosa Murni.....	86
40. Dara repon glukosa darah terhadap gula cair batang kelapa sawit tua	87

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Persiapan batang kelapa sawit menjadi nira kelapa sawit.....	17
2. Diagram alir pembuatan gula cair kelapa sawit	18
3. pH nira kelapa sawit pada berbagai perlakuan waktu penundaan.....	30
4. Total padatan terlarut (derajat brix) nira kelapa sawit pada berbagai perlakuan waktu penundaan.....	31
5. Kadar abu nira kelapa sawit pada berbagai perlakuan waktu penundaan.....	32
6. Derajat keasaman (pH) gula cair kelapa sawit pada berbagai perlakuan waktu penundaan.....	34
7. Derajat brix gula cair kelapa sawit pada berbagai perlakuan waktu penundaan	36
8. Kadar air gula cair kelapa sawit pada berbagai perlakuan waktu penundaan	37
9. Kadar abu gula cair kelapa sawit pada berbagai perlakuan waktu penundaan	39
10. Total gula cair kelapa sawit pada berbagai perlakuan waktu penundaan	41
11. Total fenol gula cair kelapa sawit pada berbagai perlakuan waktu penundaan	42
12. Total flavonoid gula cair kelapa sawit pada berbagai perlakuan waktu penundaan	44
13. Aktivitas antioksidan DPPH gula cair pada berbagai perlakuan waktu penundaan	46
14. Aktivitas antioksidan ABTS gula cair pada berbagai perlakuan waktu penundaan	47
15. Kurva rata-rata respon glikemik pada menit ke-0, 30, 60, 90, dan 120 setelah pemberian sirup glukosa dan gula cair pada ke sepuluh subjek	55
16. Diagram alir uulan design proses pembuatan gula cair	60
17. Kurva standar total gula	78
18. Kurva standar pengujian total fenol	79

19. Kurva standar pengujian total flavonoid	81
20. Kurva aktivitas antioksidan DPPH asam askorbat	83
21. Kurva aktivitas antioksidan ABTS asam askorbat	85
22. Luas area dibawah kurva gula darah setelah mengkonsumsi sirup glukosa dan gula cair	90
23. Luas area dibawah kurva gula darah setelah mengkonsumsi sirup glukosa dan gula cair masing-masing responden	90
24. Kurva perubahan kadar gula darah responden 1	91
25. Kurva perubahan kadar gula darah responden 2	91
26. Kurva perubahan kadar gula darah responden 3	92
27. Kurva perubahan kadar gula darah responden 4	92
28. Kurva perubahan kadar gula darah responden 5	93
29. Kurva perubahan kadar gula darah responden 6	93
30. Kurva perubahan kadar gula darah responden 7	94
31. Kurva perubahan kadar gula darah responden 8	94
32. Kurva perubahan kadar gula darah responden 9	95
33. Kurva perubahan kadar gula darah responden 10	95
34. Penebangan pohon sawit	94
35. Pengangkutan batang	96
36. Proses pengecilan ukuran	94
37. Penyerutan batang	96
38. Hasil penyerutan batang	94
39. Prosesn pengepresan	96
40. Hasil ekstraksi nira	94
41. Penyimpanan nira	96
42. Penyaringan nira	95
43. Pemasakan nira menjadi gula	97
44. Gula cair	95
45. Pengukuran pH	97

Halaman

46. Pengukuran brix.....	95
47. Pengukuran kadar air.....	97
48. Pengukuran kadar abu.....	96
49. Pengujian kimia gula cair.....	98
50. Analisis total gula.....	96
51. Analisis total flavonoid.....	98
52. Analisis antioksidan DPPH.....	96
53. Analisis antioksidan ABTS.....	98
54. Analisis IC ₅₀ DPPH	97
55. Analisis IC ₅₀ ABTS	99

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq) merupakan tanaman tahunan yang sangat populer di Indonesia. Perkembangan tanaman kelapa sawit di Indonesia menunjukkan kenaikan luas lahan dari sepanjang tahun 2019-2021 sebesar 2,78% (BPS, 2022). Menurut Kementerian Pertanian (2024), total luas lahan perkebunan kelapa sawit di Indonesia mengalami kenaikan dari 14,9 juta hektar pada tahun 2022 menjadi 16.83 juta hektar pada tahun 2023, dengan rincian sebesar 53% atau 8,91 juta hektar milik perusahaan swasta, 42% atau 7.07 juta hektar milik perkebunan rakyat dan 841 ribu hektar milik perusahaan Badan Usaha Milik Negara (BUMN).

Kelapa sawit memiliki masa produktif selama 25-30 tahun, kemudian tanaman perlu melakukan proses peremajaan atau *replanting*. Jika diasumsikan tanaman kelapa sawit yang berumur 30 tahun sudah dapat dilakukan proses *replanting*, maka sebanyak 1/30 atau 3,33% dari luas lahan atau sebanyak 560.999 hektar kebun tanaman kelapa sawit akan mengalami proses peremajaan pada setiap tahunnya. Sehingga jika dalam satu hektar luas lahan ditanami 100 pohon kelapa sawit, maka akan ada 56 juta pohon kelapa sawit tua yang siap di *replanting*. Selama waktu *replanting*, petani tidak memiliki penghasilan dari tanaman kelapa sawit selama beberapa bulan sampai dengan panen perdana (Pahan, 2015).

Batang kelapa sawit tua pada umumnya hanya dimanfaatkan sebagai pupuk organik yang akan dikembalikan ke kebun, padahal batang pohon kelapa sawit memiliki potensi ekonomi yang signifikan karena dapat memberi nilai tambah yaitu mengandung nira yang dapat menjadi produk samping sebagai sumber penghasilan tambahan bagi para petani (Simatupang dkk., 2022). Kebutuhan gula di Indonesia pada tahun 2023 mencapai kurang lebih 7 juta ton namun hal ini

tidak sebanding dengan produksinya, dimana produksi gula di Indonesia pada tahun 2023 hanya 2,27 juta ton (Kementan, 2024). Sehingga menurut Badan Pusat Statistik (2023) Indonesia melakukan impor gula sebanyak 5.07 juta ton. Sehingga perlu adanya alternatif lain untuk memenuhi kebutuhan gula, salah satunya nira dari batang kelapa sawit tua.

Batang kelapa sawit tua dalam beberapa penelitian disebutkan mengandung banyak air dan komposisi kimia seperti karbohidrat rantai pendek yang memiliki potensi sebagai sumber produksi gula (Hossain *et al.*, 2018; Dirkes *et al.*, 2021). Namun, sampai saat ini, peran gula sebagai pemanis masih di dominasi oleh gula pasir yang berasal dari nira tebu (Yamada *et al.*, 2010). Artinya, penggunaan nira batang kelapa sawit tua untuk bahan baku gula cair masih kurang populer. Pengembangan nira kelapa sawit di Indonesia juga masih sangat minim, hal ini ditandai dengan kurangnya informasi mengenai teknologi pengolahan nira batang kelapa sawit tua. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa nira batang kelapa sawit tua ini biasanya dimanfaatkan menjadi gula merah (Wulandika dkk, 2019), produksi etanol dan bakteri asam laktat (Kosugi dkk., 2010), produksi hidrogen oleh bakteri (Noparat *et al.*, 2011), dan bahan baku karbon untuk pertumbuhan bakteri (Jaya dan Khair, 2020).

Proses pembuatan gula cair diawali dengan pengumpulan bahan baku yang berawal dari proses penebangan. Pada umumnya, pengambilan nira dari batang kelapa sawit tua dilakukan dengan cara disadap atau dideres pada bagian umbutnya. Cara ini dinilai tidak efisien karena membutuhkan waktu yang cukup lama untuk pengumpulan nira. Menurut penelitian Litana dkk. (2018), penderesan nira kelapa sawit membutuhkan waktu 12 jam dan dilakukan dua kali pengambilan yaitu pada pagi dan sore hari yang menghasilkan 5 liter nira setiap 12 jam. Oleh karena itu, diperlukan teknologi untuk penghematan waktu pengumpulan nira. Metode yang diduga dapat membantu efisiensi pengumpulan air nira adalah dengan metode pengepresan.

Metode penundaan waktu ekstraksi pada batang kelapa sawit juga akan mempengaruhi nira yang dihasilkan dan membantu meningkatkan kandungan gula

pada nira. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Sulaiman *et al.* (2010), terlihat bahwa senyawa lain di dalam nira berubah seiring dengan penyimpanan batang. Penyimpanan batang tua kelapa sawit yang lebih lama akan meningkatkan kandungan gula terutama glukosa dan fruktosa dan berpotensi untuk diolah lebih lanjut menjadi sirup gula. Kemudian menurut Hamid *et al.* (2015), diperkirakan kandungan pati pada batang yang ditebang mengalami penurunan karena sebagian besar kandungan gula digunakan untuk kelangsungan hidup sel-sel hidup di dalam batang.

Penggunaan metode penyadapan dan metode pengepresan tentunya akan menunjukkan hasil nira yang berbeda. Tidak seperti nira yang dihasilkan dengan metode sadap, nira hasil pengepresan memiliki kandungan lain selain gula. Menurut Marlida dkk. (2014), batang kelapa sawit memiliki kandungan selulosa sebanyak 29,41%, hemiselulosa 27,06%, dan lignin 6,95%. Kemudian, menurut Kosugi *et al.*, (2010) yang menyatakan bahwa batang pohon kelapa sawit yang berusia antara 25 – 30 tahun, selain mengandung selulosa (lignoselulosa) juga mengandung karbohidrat pati dan gula sebanyak 15-40%. Sehingga diduga ketika proses pengepresan kandungan tersebut akan terbawa bersama dengan nira yang dihasilkan. Selain itu, penundaan pengepresan juga merupakan hal yang sangat mungkin akan terjadi karena terbatasnya kapasitas mesin-mesin pengolahan maupun kendala teknis lain. Oleh karena itu, dalam penelitian ini akan dikaji kualitas gula cair yang berasal dari nira hasil pengepresan.

1.2 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui karakteristik gula cair yang diperoleh dari batang kelapa sawit tua dengan perlakuan penundaan waktu ekstraksi.

1.3 Kerangka Pemikiran

Batang kelapa sawit merupakan bagian tanaman terbesar yang diperoleh dari proses peremajaan kelapa sawit. Permasalahan utama batang kelapa sawit adalah memiliki sifat volumetris yang besar, memakan tempat dan tidak mudah terdegradasi di area perkebunan. Limbah batang sawit mengandung unsur hara

yang cukup besar yaitu N; P; K; Mg dan Ca masing-masing 3-368,2; 0,1-35,5; 0,8-527,4; 0,2-82,3 dan 0,2-166,4 (kg/ha) sehingga sangat berpotensi menjadi bahan baku pupuk organik (pupuk kompos). Namun, batang kelapa sawit tua memiliki waktu yang cukup lama untuk menjadi pupuk kompos dan jika tidak dikelola dengan baik dapat memiliki dampak negatif pada tanah dan menyebabkan penyebaran hama dan penyakit ke perkebunan kelapa sawit yang masih sehat. Hal ini dapat berdampak negatif pada pertumbuhan tanaman kelapa sawit maupun tanaman lainnya yang tumbuh di sekitar limbah tersebut (Ariyanti dkk, 2018). Maka dari itu, perlu adanya pemanfaatan batang kelapa sawit untuk menjadi nilai tambah yang dapat menghasilkan keuntungan.

Batang kelapa sawit tua mengandung air nira yang memiliki kandungan total gula sebesar 96,7 g/L hingga 111 g/L (Ulum dkk, 2020). Menurut penelitian Harahap (2019), kandungan sukrosa, glukosa dan fruktosa pada nira batang kelapa sawit tua dengan cara disadap secara berturut-turut adalah 10,97%, 46,7% dan 41,64%, sedangkan nira dari batang kelapa sawit dengan metode pengepresan mengandung 71% glukosa, 27% sukrosa dan 2% fruktosa dengan total gula yang terkandung dalam nira sebesar 153 mg/ml (Zahari *et al.*, 2012). Dilihat dari kandungannya, pemanfaatan nira dari batang kelapa sawit tua ini dapat diolah menjadi gula cair. Pada umumnya, pengumpulan nira dilakukan dengan metode penyadapan, namun pada penelitian ini nira dari batang kelapa sawit tua didapatkan dengan metode pengepresan dengan menggunakan mesin screw press.

Sebelum dilakukan proses pengepresan, dilakukan perlakuan pada batang kelapa sawit yaitu dengan melakukan proses penundaan masa simpan batang tua kelapa sawit melalui 5 parameter yang berbeda-beda yaitu 1 minggu, 2 minggu, 3 minggu, 4 minggu dan 5 minggu. Penundaan masa simpan ini dilakukan agar memudahkan proses pengambilan nira karena sel-sel batang akan semakin longgar kelapa sawit ini juga akan mempengaruhi kadar gula dan kadar air yang terkandung pada nira. Menurut penelitian Litana dkk. (2018), proses penundaan batang kelapa sawit selama beberapa waktu akan meningkatkan kadar gula pada nira yang dihasilkan namun kadar air nya akan semakin rendah. Hal ini akan mempengaruhi gula cair yang dihasilkan. Menurut Nuraini dkk. (2022), gula cair

yang memiliki mutu baik adalah gula cair yang memiliki kadar air rendah. Semakin rendah kadar air nira maka gula yang dihasilkan akan semakin kental.

Penyimpanan batang kelapa sawit pada penelitian Yamada *et al.* (2010), menunjukkan terjadinya penurunan kadar sukrosa pada nira kelapa sawit pada tahap awal penyimpanan, sedangkan jumlah glukosa dan fruktosa mengalami peningkatan hingga hari ke 30 penyimpanan. Diduga hal ini terjadi akibat adanya penguraian sukrosa menjadi glukosa dan fruktosa. Namun, peningkatan glukosa dan fruktosa ini melebihi hilangnya sukrosa pada penyimpanan hari ke 30 dan 60. Kenaikan kandungan glukosa dan fruktosa juga dapat dipengaruhi oleh pati yang terkandung pada batang kelapa sawit. Pati kemungkinan diubah menjadi glukosa dan fruktosa oleh aktivitas enzim pendegradasi pati dan enzim invertase. Enzim ini muncul disebabkan oleh sel batang mengalami stres akibat penebangan batang kelapa sawit. Hal ini dibuktikan dengan meningkatnya tingkat aktivitas amilase yang signifikan dalam batang kelapa sawit yang diduga dapat meningkatkan kadar gula bebas akibat oleh hidrolisis pati.

Penundaan masa simpan batang kelapa sawit tua tentunya akan mempengaruhi kualitas nira. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Litana dkk. (2018), nira batang kelapa sawit tua yang dihasilkan dengan metode penyadapan dan dengan perlakuan lama penyimpanan mengalami penurunan. Kemudian nira batang kelapa sawit tua yang disadap juga akan mengalami penurunan pH pada hari ke 15-25 akibat banyaknya kontaminan yang beraktivitas di bagian umbut. Hal ini sejalan dengan penelitian Gulo dkk. (2018), dimana semakin lama tahapan pengeluaran nira maka pH dan kadar air akan semakin menurun. Kadar air nira yang mengalami penurunan disebabkan oleh masih terdapatnya reaksi kimia pada batang kelapa sawit setelah ditumbangkan. pH nira hasil metode pengepresan tentunya berbeda dengan nira hasil penyadapan. Nira batang kelapa sawit tua hasil pengepresan diharapkan akan mempertahankan pH nira sehingga tidak terjadi kontaminasi oleh mikroba yang dapat menyebabkan terjadinya proses fermentasi, sebab nira yang memiliki pH rendah akan berpengaruh terhadap proses pembuatan gula cair (Natawijaya dkk., 2018).

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tanaman Kelapa Sawit

Tanaman kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) berasal dari Nigeria, Afrika Barat. Pendapat lain juga menyatakan bahwa kelapa sawit ini berasal dari Amerika Selatan yaitu Brazil sebab dibandingkan Afrika, hutan Brazil lebih banyak ditemukan tanaman kelapa sawit. Namun kenyataannya, tanaman kelapa sawit ini dapat hidup dengan subur di luar daerah asalnya, seperti Malaysia, Indonesia, Thailand, dan Papua Nugini. Tanaman kelapa sawit mempunyai peran yang penting untuk pembangunan perkebunan nasional, salah satunya adalah untuk menciptakan kesempatan kerja dan mengarah kepada kesejahteraan masyarakat. (Arsyad dan Maryam, 2017).

Kelapa sawit adalah tanaman perkebunan yang bisa bertumbuh dengan baik terutama di daerah-daerah dengan ketinggian kurang dari 500 meter. Tanaman kelapa sawit cocok ditanam pada daerah yang memiliki curah hujan 1.500 hingga 2.000 mm/tahun. Tanaman kelapa sawit yang umumnya dibudidayakan dan ditanam terdapat dua jenis yaitu *E. guineensis* dan *E. oleifera*. Masing-masing jenis tanaman memiliki kelebihan dan fungsi yang berbeda. Jenis *E. guineensis* mempunyai tingkat produksi TBS yang sangat tinggi, sedangkan *E. Oleifera* mempunyai ukuran tinggi tanaman yang relatif rendah. Pada umumnya, pekebun kelapa sawit melakukan persilangan dari kedua jenis tersebut untuk menghasilkan spesies yang tinggi produksinya dan pohon yang rendah agar lebih mudah di panen. Jenis *E. oleifera* dewasa ini sudah mulai dibudidayakan juga untuk memperbanyak keanekaragaman sumber daya genetik yang ada. (Syahputra, 2011).

Kelapa sawit merupakan salah satu tanaman yang menjadi sumber devisa bagi negara, dan negara Indonesia ini menjadi salah satu produsen utama minyak kelapa sawit. Tanaman kelapa sawit akan mulai memproduksi tandan buah segar pada umur 3,5-4 tahun dengan produksi pertama adalah 10-15 ton tandan/Ha/tahun. Semakin bertambahnya umur tanaman kelapa sawit maka jumlah produksinya akan semakin bertambah. Puncak produksi TBS pada tanaman kelapa sawit dicapai pada umur 8-9 tahun yang dapat menghasilkan 20-30 ton tandan/Ha/tahun (Lubis, 2018). Kemudian menurut Gultom dkk. (2023), puncak produksi TBS dicapai pada usia tanaman kelapa sawit pada tahun ke-6 hingga ke-12 dengan menghasilkan 19-24 ton tandan/Ha/tahun.

Tanaman kelapa sawit yang mengalami masa berbuah memerlukan perawatan yang baik agar tanaman memiliki masa menghasilkan yang lama dan kualitas produksi lebih tinggi. Pemeliharaan tanaman kelapa sawit secara berkala memainkan peran kunci dalam memastikan pertumbuhan dan produksi yang optimal. Sasaran dari pemeliharaan tersebut adalah untuk mencapai keseimbangan antara pertumbuhan daun dan buah, memastikan buah mencapai kematangan maksimal, dan menjaga kesehatan tanaman secara keseluruhan. Kegiatan pemeliharaan tanaman kelapa sawit dapat dilakukan seperti pemangkasan, pengendalian hama dan penyakit, serta pengaturan kelembaban tanah juga penting untuk menjaga kesehatan dan produktivitas tanaman kelapa sawit. Pemeliharaan secara teratur dan tepat, diharapkan tanaman kelapa sawit dapat tumbuh dan menghasilkan secara maksimal, serta memberikan hasil yang berkualitas. Namun, umumnya produktivitas tanaman kelapa sawit ini akan menurun pada umur 25 tahun (Rizal dan Azmi, 2021).

2.2 Potensi Pemanfaatan Batang Kelapa Sawit Tua

Potensi batang pohon kelapa sawit yang dihasilkan oleh perkebunan kelapa sawit cukup besar terutama pada saat periode *replanting*. Ciri-ciri pohon kelapa sawit yang akan memasuki periode *replanting* adalah pohon kelapa sawit yang sudah tua yang berumur 25-30 tahun dan tidak produktif (Litana dkk, 2018). Batang kelapa sawit tua yang memasuki masa peremajaan umumnya hanya ditebang lalu dicacah dan disimpan dilahan perkebunan kelapa sawit begitu saja yang akan

berfungsi sebagai pupuk. Kebun kelapa sawit yang dilakukan proses peremajaan, akan dilakukan penebangan batang kelapa sawit sekitar 128 batang pohon sawit tua per hektar dalam setiap bulannya (Veronika dkk., 2019).

Masalah peremajaan perkebunan kelapa sawit rakyat memang menjadi tantangan serius, terutama terkait dengan kendala pembiayaan, sertifikasi lahan, dan masalah kelembagaan atau pola kemitraan. Salah satu cara untuk mengatasi tantangan ini adalah dengan mencari solusi yang lebih holistik, yang tidak hanya mempertimbangkan aspek pembiayaan investasi tetapi juga memperhatikan sumber pendapatan selama masa peremajaan. Oleh karena itu, pemanfaatan sumber daya yang ada dalam tanaman kelapa sawit, seperti nira dalam batang kelapa sawit tua, bisa menjadi langkah yang bijaksana (Agustira dkk, 2019).

Batang kelapa sawit tua memiliki potensi untuk dimanfaatkan karena kandungan air yang tinggi di dalamnya. Meskipun batang kelapa sawit tidak seefisien daun atau buahnya dalam menyimpan nutrisi, namun masih mengandung beberapa unsur hara yang dapat dimanfaatkan, terutama setelah pohon kelapa sawit tersebut tidak lagi produktif dalam menghasilkan buah. Pemanfaatan nira dari batang kelapa sawit tua dapat memberikan pendapatan tambahan bagi petani kelapa sawit selama proses peremajaan. Proses ekstraksi nira dan pengolahan menjadi produk turunan seperti gula kelapa atau produk fermentasi lainnya dapat menjadi sumber pendapatan yang stabil dan berkelanjutan bagi petani. Selain itu, pemerintah dan lembaga terkait dapat memberikan dukungan dalam bentuk pelatihan dan bimbingan teknis bagi petani dalam pengelolaan nira dan proses produksinya. Dukungan kelembagaan dan kemitraan antara petani, industri, dan pemerintah juga penting untuk memastikan keberlanjutan dari program ini. Dengan pendekatan yang terintegrasi dan berkelanjutan, pemanfaatan nira dari batang kelapa sawit tua dapat menjadi bagian dari solusi untuk mengatasi tantangan dalam peremajaan perkebunan kelapa sawit rakyat. Ini tidak hanya memberikan alternatif pendapatan selama masa peremajaan, tetapi juga dapat meningkatkan kesejahteraan petani dan keberlanjutan industri kelapa sawit secara keseluruhan (Agustira dkk, 2019).

Badan Penyuluhan dan Pengembangan Sumber Daya Manusia Pertanian (BPPSDMP) pada tahun 2010 menyatakan bahwa batang tua pohon sawit mengandung nira yang dapat menghasilkan 10 L nira/batang selama 30 hari. Luas areal perkebunan kelapa sawit semakin bertambah dengan seiring bertambah tahun, dalam 1 hektar kebun terdapat 136-180 pohon kelapa sawit (Litana dkk, 2018). Sehingga nira yang dihasilkan dari batang kelapa sawit tua memiliki potensi besar sebagai sumber penghasilan tambahan bagi pekebun jika diolah lebih lanjut. Potensi pasar untuk produk gula dari nira batang kelapa sawit tua cukup terbuka luas, terutama karena sumber bahan baku gula merah lain seperti aren, kelapa, dan tebu mengalami stagnasi dalam perkembangannya. Dengan permintaan akan gula yang terus meningkat setiap tahunnya, nira dari batang kelapa sawit tua dapat menjadi alternatif yang menarik untuk memenuhi kebutuhan pasar akan gula. Selain itu, pengolahan nira menjadi gula juga dapat memberikan nilai tambah yang signifikan pada hasil panen kelapa sawit, serta membantu diversifikasi pendapatan bagi pekebun.

2.3 Nira Kelapa Sawit

Nira adalah cairan manis yang diperoleh dari air batang tandan bunga tanaman seperti tebu, bit, sorgum, maple, siwalan, bunga dahlia dan tanaman dari keluarga palma seperti aren, kelapa, nipah, sagu, kurma dan sebagainya. Nira kelapa sawit di Indonesia belum begitu dikenal dikalangan masyarakat, namun 2500 tahun yang lalu, penduduk di India, Srilanka dan bagian Asia lainnya yang telah memanfaatkan nira kelapa sawit yang telah mengalami fermentasi dan anggur kelapa sawit hasil proses destilasi. Nira kelapa sawit ini pula yang dikenal di hutan-hutan Afrika Barat 6 selama bertahun-tahun sebagai bahan minuman yang dapat untuk penyegar pada tubuh dan digunakan dalam bentuk upacara-upacara tradisional (Afrianti, 2018).

Kandungan gula nira kelapa sawit melalui proses penyadapan dengan waktu pengambilan 8, 16 dan 24 jam berturut-turut, sukrosa 10,97%, 11,42% dan 12,63%; glukosa 46,7%, 36,33% dan 42,01%; fruktosa 41,64%, 46,12% dan 41,11% (Harahap, 2019). Sedangkan nira kelapa sawit yang diambil dengan cara di press mengandung 71% glukosa, 27% sukrosa dan 2% fruktosa dengan total

gula yang terkandung dalam nira sebesar 153 mg/ml (Zahari *et al.*, 2012). Pohon kelapa sawit yang tumbang menghasilkan rata-rata 3,4 - 146,7 L/batang dengan kadar gula 8 - 19,1 %. Banyaknya nira yang dihasilkan dari penyadapan bergantung pada berbagai faktor, termasuk ukuran dan usia pohon kelapa sawit. Umumnya, pohon yang lebih tua dan lebih besar menghasilkan lebih banyak nira. Selain itu, kadar gula dalam nira juga dapat bervariasi tergantung pada kondisi pohon dan teknik penyadapan yang digunakan. (Gulo dkk, 2018).

Nira kelapa sawit memiliki rasa manis karena mengandung gula alami, terutama sukrosa, glukosa, dan fruktosa (Widyaningsih, 2023). Nira kelapa sawit memiliki kegunaan yang beragam, salah satu penggunaan utamanya adalah sebagai bahan baku untuk produksi gula kelapa sawit. Nira dapat diproses lebih lanjut untuk menghasilkan gula merah atau sirup gula kelapa sawit. Selain itu, nira kelapa sawit juga dapat difermentasi menjadi minuman seperti tuak atau dijadikan bahan dalam pembuatan minuman tradisional (Afrianti, 2018). Namun, nira memiliki sifat mudah rusak, sehingga setiap perubahan komposisi kimia nira akan berdampak pada produk akhir yang menggunakan nira sebagai bahan baku utamanya (Suliman *et al.*, 2020).

2.4 Penundaan Batang Kelapa Sawit Tua

Penundaan penyimpanan batang kelapa sawit tua merupakan salah satu metode yang dilakukan untuk mengoptimalkan produksi nira atau cairan manis yang dapat diolah menjadi gula atau bahan baku lainnya. Kadar sukrosa yang tinggi pada nira yang dihasilkan batang kelapa sawit tua sangat diinginkan karena sukrosa merupakan gula utama yang dapat diekstraksi. Proses ini melibatkan redistribusi sukrosa dari bagian bawah batang menuju ke umbut atau pusat pertumbuhan, yang nantinya akan mempengaruhi kadar air nira. Menurut Widyaningsih dkk., (2023) yang menyatakan bahwa penundaan penyimpanan batang kelapa sawit tua dilakukan supaya kadar gula yang berada di bagian bawah batang dapat bergerak pada umbutnya.

Kadar gula yang terdapat pada nira kelapa sawit selama proses penundaan penyimpanan batang kelapa sawit kemudian akan mempengaruhi kadar air nira.

Semakin tinggi kadar gula yang dihasilkan pada proses penundaan batang kelapa sawit maka semakin rendah kadar air dan sebaliknya. Kemudian apabila kadar gula dalam nira lebih rendah, maka konsentrasi air dalam larutan akan lebih tinggi (Litana dkk, 2018). Menurut Yamada *et al.* (2010), batang kelapa sawit tua yang diberi waktu penundaan akan mempengaruhi karakteristik nira yang dihasilkan terutama kadar gulanya. Penyimpanan batang kelapa sawit akan menunjukkan terjadinya penurunan kadar sukrosa pada nira kelapa sawit pada tahap awal penyimpanan. Sedangkan jumlah glukosa dan fruktosa mengalami peningkatan hingga hari ke 30 penyimpanan. Diduga hal ini terjadi akibat adanya penguraian sukrosa menjadi glukosa dan fruktosa.

Proses penundaan masa simpan batang kelapa sawit tua dengan cara ditebang merupakan tindakan yang diambil untuk menghentikan pohon agar tidak lagi menerima atau menyerap air dari tanah. Penebangan tanpa akar melibatkan pemotongan pohon kelapa sawit di dekat pangkal batangnya, sehingga akar-akar utama pohon terputus. Dengan demikian, pohon tidak lagi dapat menyerap air dari tanah karena akarnya telah terputus. Oleh karena itu, kadar air dalam nira yang dihasilkan oleh pohon yang telah ditebang tanpa akar akan cenderung lebih rendah daripada kadar air dalam nira yang dihasilkan oleh pohon yang masih memiliki akar yang aktif. Penebangan tanpa akar adalah salah satu metode yang digunakan dalam budidaya kelapa sawit untuk mengendalikan kadar air dalam nira, sehingga menghasilkan nira berkualitas yang lebih konsisten dengan kadar air yang lebih rendah (Gulo dkk, 2018).

2.5 Teknologi Pengolahan Gula Cair

Gula cair atau yang biasa dikenal dengan sirup glukosa termasuk golongan monosakarida yang terdiri atas satu monomer yaitu glukosa (Fratiwi, 2017). Menurut SNI 2978:2021, sirup glukosa adalah cairan jernih dan kental dengan komponen utamanya glukosa, yang diperoleh dari hidrolisis pati dengan cara kimia atau enzimatik. Sirup glukosa merupakan substansi kompleks yang terdiri dari dekstrin, maltosa, dekstrosa dan berbagai oligosakarida yang mempunyai sifat viskous dan tidak berwarna. Bahan baku yang dapat digunakan adalah bahan

berpati seperti tapioka, pati umbiumbian, sagu dan jagung. Standar mutu sirup glukosa disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Standar mutu sirup glukosa menurut SNI 2978:2021

Kriteria Uji	Standar Mutu Glukosa
Keadaan :	
Warna	Normal
Bau	Normal
Rasa	Normal
Bentuk	Cairan kental
Padatan terlarut	Min 70
Dextrose equivalent (DE) (%)	Min 20
Abu sulfat (%)	Maks 1,0
Cemaran logam :	
- Timbal (Pb) mg/kg	Maks 0,25
- Kadmium (Cd) mg/kg	Maks 0,20
- Timah (Sn) mg/kg	Maks 40
- Merkuri (Hg), mg/kg	Maks 0,03
- Arsen (As) mg/kg	Maks 1,0

Sumber : Standar Nasional Indonesia (SNI) 2978:2021

Gula cair tidak hanya berasal dari tebu saja, gula cair dapat terbuat dari air nira atau nektar yang dikumpulkan dari berbagai varietas/spesies pohon palma. Gula cair dari nira palma hanya melalui proses penguapan saja dan masih dapat diproduksi dengan cara tradisional. Gula cair yang berasal dari nira dapat menjadi alternatif alami untuk gula tebu yang kurang sehat dan juga lebih bermanfaat bagi para petani sebagai penghasilan tambahan. Pada saat ini, gula cair mulai banyak digunakan pada industri makanan maupun minuman karena memiliki beberapa kelebihan. Gula cair dapat memperbaiki tekstur pada beberapa produk pangan. Contohnya pada produk es krim, glukosa dapat membantu meningkatkan kehalusan tekstur sekaligus menekan titik beku. Gula cair terhadap produk kue juga dapat membantu mengurangi keretakan (Megavitry *et al*, 2019).

Gula cair memang menjadi solusi yang lebih praktis bagi konsumen yang ingin menghindari proses pengolahan tambahan seperti mengiris, menghaluskan, atau melarutkan gula cetak atau gula pasir sebelum digunakan. Dengan gula cair, konsumen dapat langsung menggunakan jumlah yang diinginkan tanpa perlu

melakukan tahap-tahap tersebut. Ini memberikan kemudahan yang signifikan dalam mempersiapkan makanan dan minuman, serta menghemat waktu dan usaha. Sebagai hasilnya, gula cair telah menjadi pilihan yang populer bagi banyak orang yang mencari alternatif yang lebih praktis dalam memasak dan membuat minuman. Menurut Ratna dan Yuliastiani (2015) terdapat beberapa kelebihan yang gula cair, seperti ketidakmampuan gula cair untuk mengkristal, kemudahan penggunaannya, dan kemudahan larutnya, semakin menegaskan bahwa gula cair telah menjadi pilihan yang diandalkan bagi produsen makanan dan minuman. Kelebihan-kelebihan ini tidak hanya memengaruhi proses produksi tetapi juga memengaruhi pengalaman konsumen akhir dengan produk yang lebih konsisten dan mudah digunakan.

Proses pengolahan gula cair dari nira dapat melibatkan beberapa langkah teknologi yang berbeda, tergantung pada metode dan skala produksi yang digunakan. Teknik pengolahan nira kelapa sawit pada umumnya masih tradisional yaitu mengolahnya menjadi gula merah. Proses pengambilan nira kelapa sawit umumnya dilakukan dengan cara penderesan pada bagian umbut batang kelapa sawit yang sudah tua dan tidak produktif lagi. Menurut Heryani (2016) nira yang sudah diambil dengan metode penyadapan perlu langsung diolah paling lambat 90 menit setelah dikeluarkan. Masa simpan yang lebih lama dapat memungkinkan pertumbuhan mikroorganisme dalam nira, yang pada gilirannya dapat menghasilkan reaksi biokimia yang tidak diinginkan dan memicu fermentasi yang tidak terkendali. Komposisi kimia nira juga dapat berubah seiring masa tunggu proses pengolahan, termasuk kandungan gula, pH, asam, kadar air dan kadar alkoholnya. Perubahan ini dapat memengaruhi kemampuan nira untuk digunakan dalam berbagai proses produksi dan dapat mempengaruhi hasil akhir produk.

Pengolahan nira menjadi gula cair memerlukan proses pemanasan. Proses pemanasan nira akan menyebabkan flavor dan warna gula berubah, pada umumnya gula berubah menjadi warna kuning hingga coklat tua. Metode pemanasan yang banyak dipakai adalah pemanasan pada tekanan atmosfer (pemanasan terbuka), karena metode ini merupakan metode tradisional dan memiliki harga yang lebih murah. Metode pemanasan terbuka memerlukan

pengontrolan suhu dan kecepatan pengadukannya. Suhu pemasakan nira yang tidak dikontrol akan menyebabkan sukrosa yang terkandung menjadi rusak, selain itu juga akan berpengaruh terhadap warna yang terlalu gelap. Namun, pemasakan dengan atmosfer memiliki kelebihan dalam mengeluarkan flavor dari gula baik dari rasa maupun aroma (Dewi dkk., 2014). Proses pemanasan gula akan menyebabkan terjadinya reaksi *maillard* antara gula dan asam amino yang terdapat dalam cairan nira mengakibatkan perubahan warna menjadi warna kecolatan dan mengeluarkan flavor yang ada pada gula cair (Iskandar dan Darusalam, 2020).

III. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan November 2023 hingga Maret 2024 di Laboratorium Pengolahan Limbah, Laboratorium Pengolahan Hasil Pertanian dan Laboratorium Analisis Hasil Pertanian Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung

3.2 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah mesin screw press, centrifuge, pemotong batang (Chainsaw) tipe STIHL, alat penyerut (Planner) tipe Krisbow , tempat penampungan nira (jerigen) tipe Green Leaf, cool box tipe AQUA, kompor, panci, gelas ukur, beaker glass, erlenmeyer, timbangan analitik, labu ukur, Erlenmeyer, gelas ukur, tabung reaksi, tabung ulir, pH meter, refraktometer, vortex, kain saring 200 mesh, , cawan petri, cawan porcelene, desikator, penjepit, oven, tanur, HPLC, spektrofotometer UV-Vis Orion Aquamate 8100, WATERS HPLC Alliance RI Detector, Agilent ICP MS 7900, ICP-MS iCAP RQ Thermo Scientific, alat pengukur kadar gula tipe GlucoDr Auto A.

Bahan yang digunakan adalah batang pohon sawit tua yang tidak produktif (umur ≥ 25 tahun), aquades, fenol pekat 5%, asam sulfat p.a 96%, Na_2CO_3 2%, H_2SO_4 , larutan buffer, AlCl_3 10%, reagen Folin-Ciocalteu 50%, NaNO_2 5%, NaOH 1 M , Larutan DPPH, larutan ABTS, etanol p.a 96%, larutan $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$, $\text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$, $\text{Zn}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, NaHSO_3 .

3.3 Metode Penelitian

Penelitian tentang pengaruh waktu penundaan ekstraksi nira disusun secara non-factorial dalam Rancang Acak Lengkap (RAL) dengan 4 ulangan, kemudian sebagian hasil data pengamatan diuji Homogenitas dan aditifitas dengan menggunakan uji Bartlett dan uji Tuckey, kemudian data diuji dengan analisis

varian (ANOVA), dan dilanjutkan dengan uji Beda Nyata Terkecil (BNT) dan sebagian data disajikan secara deskriptif dalam bentuk tabel dan grafik (*Microsoft Excel Data Analysis*). Penelitian ini melibatkan tiga tahapan yaitu: pengumpulan dan persiapan bahan baku, pembuatan gula cair serta analisis sampel uji.

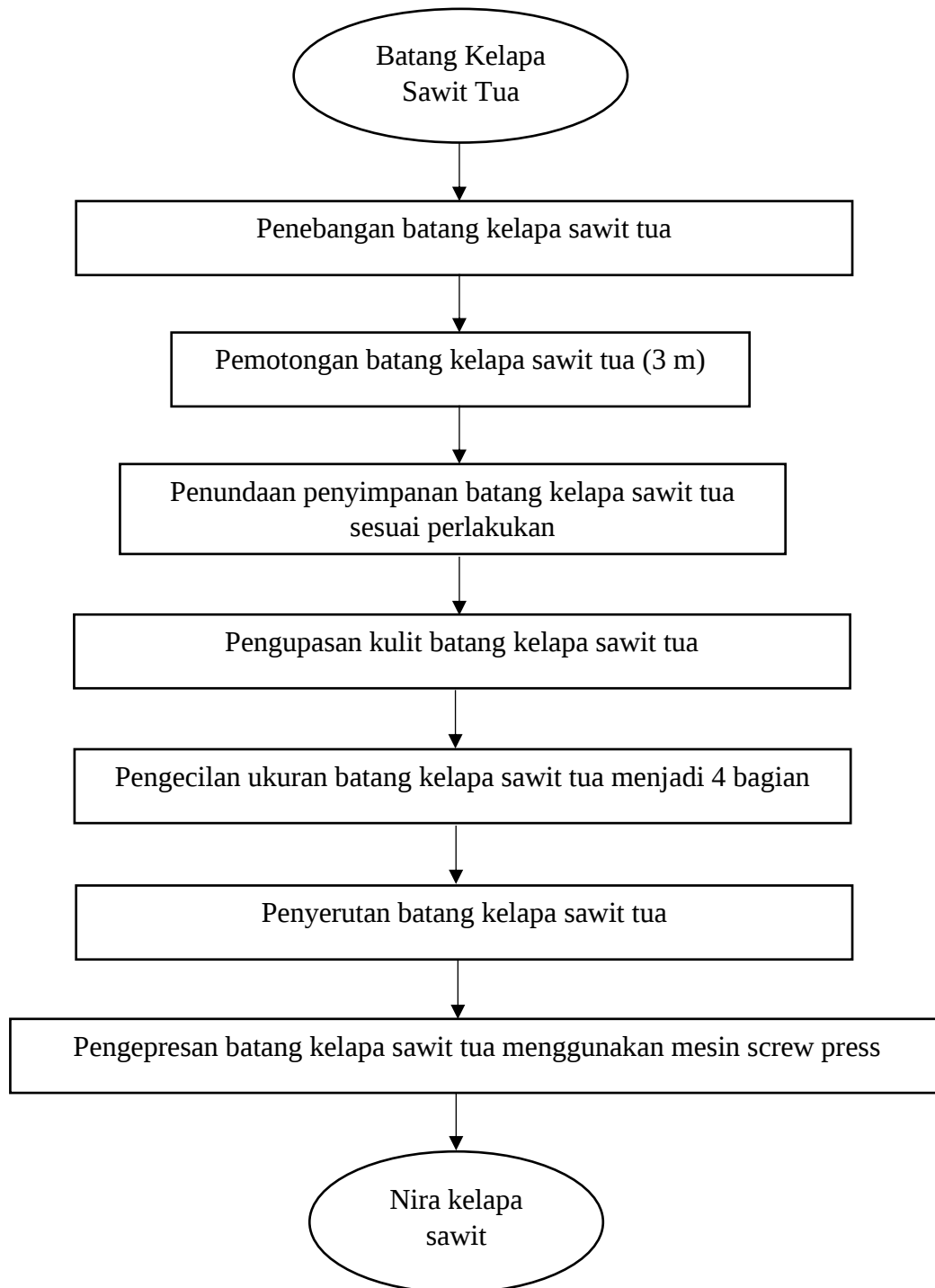
Perlakuan yang dikaji adalah penundaan pengepresan batang kelapa sawit tua yaitu 1 minggu, 2 minggu, 3 minggu, 4 minggu dan 5 minggu. Analisis yang akan dilakukan pada penelitian ini adalah pengujian pH, derajat brix, kadar air, kadar abu, total gula, total fenol, total flavonoid, dan antioksidan (metode DPPH dan ABTS), kemudian dipilih perlakuan terbaik dan diuji IC₅₀, profil gula, Hidroksimetilfurfural (HMF), logam berat dan respon glisemik.

3.4 Pelaksanaan Penelitian

Pelaksanaan penelitian ini dilakukan dengan beberapa tahap diantaranya adalah persiapan batang kelapa sawit yang kemudian di press menjadi nira kasar sawit dan pembuatan gula cair dari nira kelapa sawit.

3.4.1 Persiapan Batang Kelapa Sawit Tua

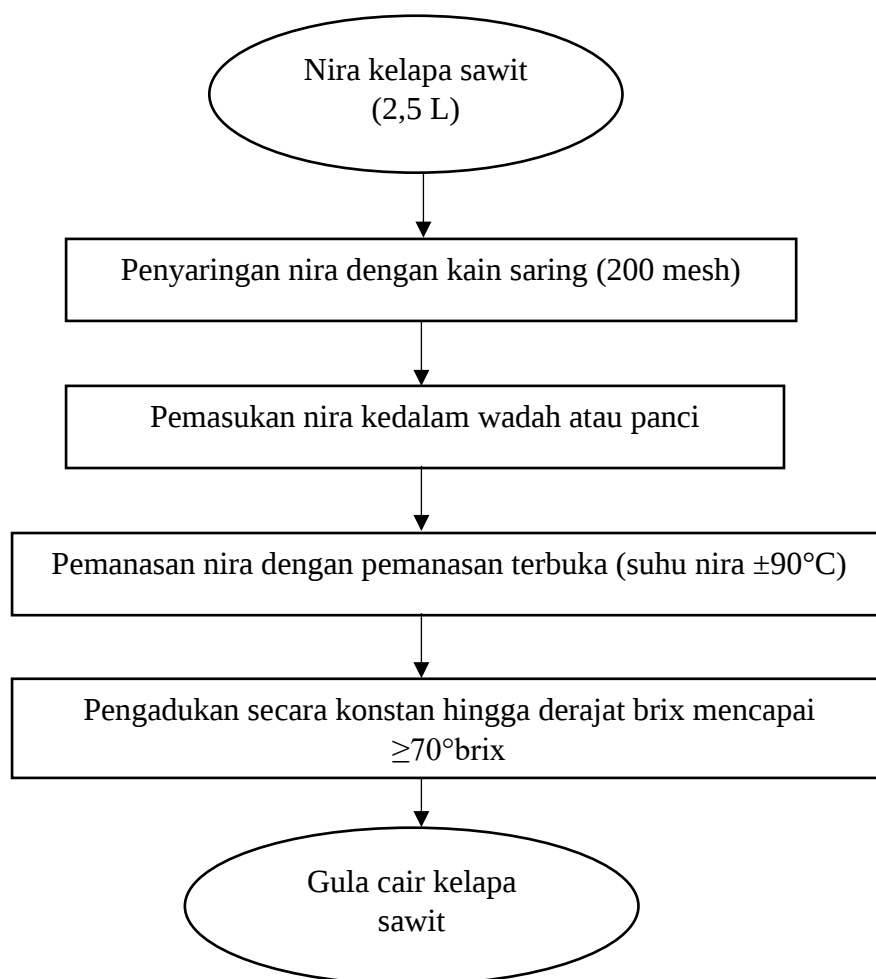
Batang pohon kelapa sawit yang tidak produktif yang berasal dari Perkebunan Rakyat yang berada di Desa Gerning, Kecamatan Tegineneng, Kabupaten Pesawaran Lampung. Batang kelapa sawit ditebang, kemudian dipotong dengan cara melintang dengan panjang yang seragam yaitu ± 3 m. Kemudian batang kelapa sawit yang sudah dipotong ditransportasikan ke Laboratorium Pengolahan Limbah Agroindustri di jurusan Teknologi Hasil Pertanian untuk proses penyimpanan (penundaan) pada suhu ruang sesuai dengan perlakuan. Setelah itu, batang kelapa sawit di potong secara memanjang untuk memperkecil ukuran, dan dikupas kulitnya kemudian diserut dengan mesin *palnner* sampai diperoleh serpihan bubuk batang kelapa sawit. Kemudian dilakukan pengepresan dengan menggunakan mesin *screw press* dan dihasilkan nira kasar kelapa sawit. Diagram alir persiapan batang kelapa sawit menjadi nira disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Persiapan batang kelapa sawit menjadi nira kelapa sawit.

3.4.2 Pembuatan Gula Cair

Pembuatan gula cair dari nira sawit diawali dengan menyiapkan nira kelapa sawit tua sebanyak 2,5 liter. Nira yang diperoleh dilakukan proses penyaringan dengan kain saring 200 mesh sebanyak 2 rangkap. Kemudian nira dipekatkan dengan metode pemanasan dengan panci terbuka dan dipanaskan menggunakan kompor hingga mencapai suhu $\pm 90^{\circ}\text{C}$. Kemudian nira diaduk secara konstan hingga derajat brixnya mencapai $\geq 70^{\circ}\text{brix}$. Pengukuran derajat brix dilakukan setelah pemanasan selama 90 menit secara berkala setiap 10 menit. Diagram alir pembuatan gula cair disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram alir pembuatan gula cair kelapa sawit

3.5 Pengujian

3.5.1 Derajat Keasaman (pH) (AOAC, 2005)

Pengukuran pH dilakukan dengan pH meter yang mengacu pada prosedur AOAC (2005). Pengukuran sampel dilakukan pada suhu yang sama yaitu pada suhu ruang. Sebelum memulai pengukuran, pH meter dinyalakan terlebih dahulu dan dinetralkan selama 15-30 menit. Kemudian pH meter distandarisasi dengan larutan buffer pH 4 dan pH 7. Setelah itu, elektroda yang terdapat pada pH meter dibilas terlebih dahulu menggunakan aquades dan dikeringkan menggunakan kertas tisu. Sampel yang sudah disiapkan dimasukkan kedalam gelas piala kemudian elektroda pH meter dicelupkan kedalam sampel hingga tenggelam dan dibiarkan hingga angka pada pH meter stabil. Setelah dilakukan pengukuran, pH meter kemudian dibilas dengan aquades dan dikeringkan dengan tisu.

3.5.2 Derajat Brix

Satuan brix merupakan satuan yang digunakan untuk menunjukkan kadar gula yang terlarut dalam suatu larutan. Pengukuran total padatan terlarut mengacu pada penelitian yang dilakukan Herlina dkk. (2016) yang dimodifikasi. Pengujian total padatan terlarut dilakukan dengan menggunakan alat refraktometer. Langkah awal dalam melakukan pengukuran, bagian prisma pada refraktometer dibersihkan terlebih dahulu dengan kertas tisu. Kemudian sampel sebanyak 2 ml diteteskan pada prisma refraktometer dan tutup knopnya. Kemudian amati layar hijau yang terdapat pada refraktometer.

3.5.3 Kadar Air (AOAC, 2019)

Kadar air gula cair kelapa sawit diuji dengan metode grafimetri (AOAC No. 925.10, 2019). Prinsipnya yaitu cawan porselen dikeringkan dalam oven pada suhu 105°C selama 30 menit, lalu didinginkan di dalam desikator dan ditimbang (W_1). Sampel (2 g) dimasukkan ke dalam cawan porselen yang sudah diketahui beratnya dan dikeringkan (W_2) di dalam oven pada suhu 105°C selama 3-5 jam. Setelah itu sampel didinginkan dalam desikator selama 30 menit kemudian ditimbang (W_3). Perlakuan ini diulang sampai tercapai berat konstan. Bila penimbangan kedua mencapai pengurangan bobot tidak lebih dari 0,002 g dari

penimbangan pertama maka dianggap konstan. Perhitungan kadar air dilakukan dengan menggunakan rumus:

$$\text{Kadar Air} = \frac{W_3 - W_1}{W_2 - W_1} \times 100$$

Keterangan: W_1 = berat cawan kosong (g)
 W_2 = berat cawan + sampel sebelum dioven (g)
 W_3 = berat cawan + sampel setelah dioven (g)

3.5.4 Kadar Abu (AOAC, 2016)

Pengujian kadar abu gula cair nira sawit menggunakan 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. Sampel gula cair sebanyak 2 g dimasukkan ke dalam cawan porselen. 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. Pengeringan dilakukan secara berulang hingga didapatkan berat konstan. Kadar abu dihitung dengan rumus:

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

3.5.5 Total Gula

Penentuan total gula menggunakan metode Fenol-Asam Sulfat dengan mengacu pada penelitian Trinh *et al.* (2022) yang dimodifikasi. Sampel gula cair diambil sebanyak 0,5 ml ke dalam 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 ke dalam 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.

3.5.6 Pembuatan Kurva Standar Glukosa

Pertama dilakukan pembuatan larutan induk dengan menimbang 10 mg gula yang dilarutkan dengan aquadest hingga 10 mL. Kemudian dilakukan penimbangan fenol sebanyak 5 gram kemudian dilarutkan dengan aquadest hingga 100 mL. Lalu, pembuatan larutan standar gula dibuat dengan mengencerkan larutan induk dengan aquadest pada tabung reaksi dengan konsentrasi 0,2 ppm; 0,4 ppm; 0,6 ppm; 0,8 ppm; dan 1 ppm hingga 10 mL. Selanjutnya, diambil larutan yang sudah di encerkan masing-masing sebanyak 0,5 mL kedalam labu ulir dan tambahkan 0,5 mL Fenol 5% di vorteks. Kemudian, ditambahkan asam sulfat sebanyak 2,5 mL pada masing-masing larutan dan di vorteks. Larutan di inkubasi selama 30 menit pada suhu ruang. Pembacaan absorbansi dilakukan dengan menggunakan spektrofotometer dengan panjang gelombang 490 nm.

3.5.7 Kadar Total Fenol, Flavonoid dan Antioksidan

3.5.7.1 Preparasi Ekstrak Sampel

Persiapan sampel untuk pengujian total fenol, total flavonoid dan aktivitas antioksidan metode DPPH dan ABTS diawali dengan penyiapan ekstrak. Penyiapan ekstrak sampel diawali dengan menimbang sebanyak 5 g gula cair kemudian ditambahkan 20 mL etanol p.a 96% lalu dimaserasi selama 24 jam dengan suhu 4°C (Yoilmaz-Ersan et al, 2018).

3.5.7.2 Kadar Total Fenol

Pengujian total fenol dilakukan dengan menggunakan metode Folin-Ciocalteu yang dilakukan oleh Trinh *et al.* (2022) yang 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% lalu di inkubasi pada suhu ruang selama 1 jam di ruangan yang gelap. Setelah itu dibaca absorbansinya dengan spektrofotometer UV-Vis dengan panjang gelombang 742

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

3.5.7.3 Pembuatan Kurva Standar Asam Galat

Kurva standar asam galat dibuat untuk kuantifikasi kadar fenol. Kurva standar asam galat dilakukan dengan cara menimbang asam galat sebanyak 10 mg lalu dilarutkan dengan aquadest hingga 100 ml. Kemudian pengenceran larutan induk asam galat secara berseri dengan konsentrasi 0 ppm; 0,2 ppm; 0,4 ppm; 0,6 ppm; 0,8 ppm; dan 1 ppm dengan aquadest hingga 10 ml. Lalu dari masing-masing larutan pengencer diambil 0,5 ml kedalam tabung reaksi dan ditambahkan 0,5 ml aquades dan 0,5 ml reagen Folin 50% kemudian di vorteks. Selanjutnya, ditambahkan 4 ml larutan Na_2CO_3 20% dan diinkubasi selama 30 menit di ruangan gelap pada suhu ruang. Lalu dibaca absorbansinya dengan spektrofotometer UV-Vis dengan panjang gelombang 742 nm

3.5.7.4 Total Flavonoid

Total flavonoid gula cair diukur berdasarkan penelitian Yustiana *et al.* (2022) yang telah dimodifikasi. Sebanyak 1 mL ekstrak ditambahkan dengan 4 mL aquadest dalam tabung reaksi 10 mL pada suhu ruang. kemudian ditambahkan larutan NaNO_2 5% sebanyak 0,3 mL dan diamkan selama 5 menit. Setelah itu, ditambahkan AlCl_3 10% sebanyak 0,3 mL kemudian didiamkan kembali selama 6 menit. Lalu tambahkan NaOH 1 M sebanyak 2 mL dan aquadest sebanyak 6,4 mL, lalu dihomogenisasi dengan vortex.. Absorbansi larutan dibaca pada panjang gelombang 380 nm dengan spektrofotometer UV-Vis, kemudian hasilnya diplotkan terhadap kurva standar kuersetin menggunakan persamaan regresi linier.

3.5.7.5 Pembuatan Kurva Standar Kuersetin

Kurva standar flavonoid dibuat dengan cara membuat larutan induk 1000 ppm yaitu menimbang kuersetin sebanyak 5 mg yang kemudian dilarutkan dengan metanol hingga 5 ml. Lalu dibuat seri pengenceran dengan konsentrasi 0 ppm; 0,05 ppm, 0,1 ppm; 0,15 ppm; 0,2 ppm; dan 0,25 ppm. Kemudian dari masing-masing larutan diambil sebanyak 5 ml dan ditambahkan 5 ml AlCl_3 2% yang sudah dilarutkan dengan metanol. Lalu diinkubasi selama 30 menit. Setelah itu dibaca absorbansinya dengan spektrofotometer UV-Vis dengan panjang gelombang 415 nm. Hasil yang didapat dibuat persamaan regresi linernya.

3.5.7.6 Antioksidan

Pengujian antioksidan pada gula cair kelapa sawit dilakukan dengan menggunakan dua metode yaitu metode DPPH (2,2 dipenyl-1-picrylhidrazyl) dan metode ABTS yang mengacu pada penelitian Nurdjanah *et al* (2023)

3.5.7.6.1 Metode DPPH (2,2 dipenyl-1-picrylhidrazyl)

Pengujian aktivitas antioksidan menggunakan metode yang dilakukan Nurdjanah *et al.* (2023) yaitu diawali dengan pembuatan larutan DPPH (*diphenyl picrylhydrazil*). Larutan DPPH ditimbang 0,0078 g dalam ruang gelap kemudian dilarutkan dalam etanol 96% sebanyak 100 mL. Larutan DPPH diambil 5 mL dimasukkan kedalam kuvet untuk dibaca absorbansinya pada panjang gelombang 517 nm. Hasil pengukuran absorbansi dihitung sebagai Absorbansi kontrol (Ak). Pengujian larutan ekstrak dengan larutan ekstrak gula cair dipipet 1 mL dan ditambahkan larutan DPPH sebanyak 2 mL, setelah itu diinkubasi pada suhu 37°C selama 30 menit, kemudian dimasukkan ke dalam kuvet sebanyak 5 mL untuk dibaca absorbansinya pada panjang gelombang 517 nm. Larutan sampel yang didapat digunakan sebagai Absorbansi sampel (As). Kemudian absorbansi dari ekstrak gula cair yang diperoleh dibandingkan dengan absorbansi DPPH sehingga diperoleh persentase aktivitas antioksidannya. Perhitungan persentase aktivitas antioksidan terhadap radikal DPPH dari masing-masing konsentrasi larutan sampel dihitung menggunakan:

$$\% \text{ antioksidan} = \frac{A_k - A_s}{A_k} \times 100$$

Keterangan:

A_k = Absorbansi Kontrol

A_s = Absorbansi sampel

3.5.7.6.2 Metode ABTS (2,2'-azinobis(3- ethylbenzthiazolin-6-sulfonic acid))

Aktivitas antioksidan dianalisis dengan diawali pembuatan larutan ABTS 7 mM. ABTS ditimbang 0,38 g dalam ruang gelap kemudian dilarutkan dalam etanol 96% sebanyak 100 mL. Kemudian dilakukan pembuatan larutan K₂S₂O₈ 2,45 mM lalu dilarutkan ABTS K₂S₂O₈ dihomogenkan dengan perbandingan 1: 1 dan diisolasi selama 16 jam. Setelah diisolasi selama 16 jam larutan induk diencerkan hingga absorbansi larutan induk mencapai absorbansi 0,700 (pada λ=734). Pengujian aktivitas antioksidan diambil 3 ml dimasukkan kedalam kuvet untuk dibaca absorbansinya pada panjang gelombang 734 nm. Hasil pengukuran absorbansi dihitung sebagai Absorbansi kontrol (A_k). Pengujian larutan ekstrak dengan larutan ekstrak dipipet 100 µL dan ditambahkan larutan ABTS sebanyak 2,9 mL, setelah itu diinkubasi pada suhu 37°C selama 30 menit di ruang gelap, kemudian dimasukkan ke dalam kuvet untuk dibaca absorbansinya pada panjang gelombang 734 nm. Larutan sampel yang didapat digunakan sebagai Absorbansi sampel (A_s). Kemudian absorbansi dari ekstrak yang diperoleh dibandingkan dengan absorbansi ABTS sehingga diperoleh persentase aktivitas antioksidannya. Perhitungan persentase aktivitas antioksidan terhadap radikal ABTS dari masing-masing konsentrasi larutan sampel dihitung menggunakan rumus (Martysiak-Żurowska and Wenta, 2012) :

$$\% \text{ antioksidan} = \frac{A_k - A_s}{A_k} \times 100$$

Keterangan:

A_k = Absorbansi Kontrol

A_s = Absorbansi sampel

3.5.8 Penentuan IC₅₀

IC₅₀ merupakan konsentrasi suatu bahan antioksidan yang dapat menyebabkan 50% DPPH atau ABTS kehilangan karakter radikal. Prinsip pengujian ini

dilakukan secara kuantitatif yaitu dilakukan dengan pengukuran penangkalan radikal DPPH atau ABTS oleh suatu senyawa yang mempunyai aktivitas antioksidan dengan menggunakan spektrofotometri dengan pembacaan absorbansi panjang gelombang 517nm (DPPH) atau 734nm (ABTS), sehingga dengan demikian akan diketahui nilai aktivitas peredaman radikal bebas yang dinyatakan dengan nilai IC_{50} (*Inhibitory Concentration*). Penentuan nilai IC_{50} dibuat kurva hubungan antara konsentrasi sampel (X) dengan aktivitas antioksidan (Y), sehingga diperoleh suatu persamaan garis lurus. Nilai IC_{50} (ppm DPPH dan ABTS) diperoleh dengan cara memasukkan 50% aktivitas antioksidan pada persamaan garis lurus yang diperoleh.

3.5.8.1 Metode IC_{50} DPPH

Sampel ekstrak diambil sebanyak 10 μ L, 20 μ L, 30 μ L, 40 μ L, dan 50 μ L dan dimasukkan ke dalam tabung reaksi, kemudian ditambahkan 1 mL larutan DPPH 0,2 mM dan ditambah etanol p.a 96% hingga volume dalam tabung reaksi mencapai 10 mL. Sampel diinkubasi selama 30 menit ditempat yang tidak terkena cahaya. Sampel dipindahkan ke dalam kuvet dan dibaca absorbansinya pada panjang gelombang 517 nm, kemudian hasilnya diplotkan terhadap kurva standar asam askorbat menggunakan persamaan regresi linier.

3.5.8.2 Pembuatan kurva baku metode DPPH

Larutan stok 1000 ppm dibuat dengan melarutkan 5 mg asam askorbat yang dilarutkan dalam 5mL etanol 96%. Selanjutnya dari larutan stok 1000 ppm diambil masing-masing 10 μ L; 20 μ L, 30 μ L; 40 μ L dan 50 μ L ke dalam tabung reaksi. Selanjutnya, masing-masing tabung ditambahkan 1 mL larutan DPPH 0,2 mM dan ditambah etanol 96% hingga volume dalam tabung reaksi mencapai 10 mL. Sampel diinkubasi selama 30 menit ditempat yang tidak terkena cahaya. Sampel dipindahkan ke dalam kuvet dan dibaca absorbansinya pada panjang gelombang 517 nm. Hasil yang didapat dibuat persamaan regresi linernya.

3.5.8.3 Metode IC_{50} ABTS

Sampel ekstrak diambil sebanyak 10 μ L, 20 μ L, 30 μ L, 40 μ L, dan 50 μ L dan dimasukkan ke dalam tabung reaksi, kemudian ditambahkan 1 mL larutan ABTS

dan ditambah etanol 96% hingga volume dalam tabung reaksi mencapai 3 mL. Sampel diinkubasi selama 30 menit ditempat yang tidak terkena cahaya. Sampel dipindahkan ke dalam kuvet dan dibaca absorbansinya pada panjang gelombang 734 nm, kemudian hasilnya diplotkan terhadap kurva standar asam askorbat menggunakan persamaan regresi linier.

3.5.8.4 Pembuatan larutan kurva baku metode ABTS

Larutan stok 1000 ppm dibuat dengan melarutkan 5 mg asam askorbat yang dilarutkan dalam 5mL etanol 96%. Selanjutnya dari larutan stok 1000 ppm diambil masing-masing 75µL, 150µL, 225µL, 300µL, dan 375µL ekstrak sampel dipipet dan dimasukkan ke dalam tabung reaksi, kemudian ditambahkan 1 mL larutan ABTS dan ditambah etanol 96% hingga volume dalam tabung reaksi mencapai 3 mL. Sampel diinkubasi selama 30 menit ditempat yang tidak terkena cahaya. Sampel dipindahkan ke dalam kuvet dan dibaca absorbansinya pada panjang gelombang 734 nm. Hasil yang didapat dibuat persamaan regresi linernya.

3.5.9 Profil Gula (Glukosa, Fruktosa, Sukrosa)

Pengujian profuk 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 dimasukan 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 0,45µm kedalam vial 2ml dan di injeksikan ke dalam sistem HPLC.

3.5.10 Hidroksimetilfurfural (HMF)

Analisis hidroksimetilfurfural (HMF) dilakukan dengan mengacu pada AOAC *Official Method* 980.23-1999. dengan prinsip pada perbedaan absorbansi contoh pada panjang gelombang 284 nm dari 336 nm dengan larutan natrium bisulfit (NaHSO_3) sebagai pembanding.

Pereaksi yang digunakan dalam metode ini adalah :

- (a) Larutan Carrez I: ditimbang 15 g kalium feroksianida $K_4Fe(CN)_6 \cdot 3H_2O$, larutkan dengan air dan encerkan sampai 100 ml.
- (b) Larutan Carrez II: ditimbang 30 g seng asetat $Zn(CH_3COO)_2 \cdot 2H_2O$, larutkan dengan air dan encerkan sampai 100 ml.
- (c) Natrium bisulfit ($NaHSO_3$) 0,20 %: Timbang 0,20 g $NaHSO_3$, larutkan dengan air dan encerkan sampai 100 ml.
- (d) Peralatan yang digunakan adalah Spektrofotometer dengan panjang gelombang 284 nm dan 336 nm, mempunyai sel 1 cm.

Prosedur pengujian HMF pertama-tama adalah timbang dengan teliti 5g gula (sampai ketelitian 1 mg) dalam beaker glass, masukkan ke dalam labu ukur 50ml dan bilas dengan aquadest sampai volume larutan 25 ml. Tambah 0,50 ml larutan Carrez I, kocok dan tambahkan 0,50ml larutan Carrez II, kocok kembali dan encerkan dengan aquadest sampai dengan tanda garis. Tambahkan setetes alkohol untuk menghilangkan busa pada permukaan. Saring melalui kertas saring, dan buang 10ml saringan pertama. Kemudian, dipipet 5ml saringan dan masing-masing masukkan kedalam tabung reaksi 18 ml x 150 ml. Pipet 5 ml air dan masukan kedalam salah satu tabung (contoh) dan 5ml 0,20 % Natrium bisulfit kedalam tabung lainnya (pembanding). Kocok sampai tercampur sempurna (Vortex mixer) dan tetapkan absorban contoh terhadap reference (pembanding) dalam sel 1 cm pada panjang gelombang 284 nm dan 336 nm. Bila absorban lebih tinggi dari 0,6 untuk memperoleh hasil yang teliti, larutan contoh diencerkan dengan air sesuai kebutuhan. Demikian juga dengan larutan pembanding (larutan referensi) encerkan dengan cara sama dengan menggunakan larutan $NaHSO_3$ 0,1%, nilai absorban yang diperoleh dikalikan dengan faktor pengenceran sebelum perhitungan. Perhitungan kandungan HMF gula digunakan formula berikut:

$$HMF \text{ (mg/100 g)} = \frac{(A_{284} - A_{336}) \times 14,97 \times 5}{\text{Bobot contoh (g)}}$$

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

Keterangan :

126 : bobot molekul HMF

16830 : absorbansifitas molar HMF pada panjang gelombang 284 nm

1000 : mg/g
 10 : sentiliter/L
 100 : gram sampel yang dilaporkan
 5 : bobot contoh yang diambil dalam gram

3.5.11 Logam Berat

Logam berat yang iduji pada penelitian ini diantaranya adalah Arsen (As), Kadium (Cd), Merkuri (Hg), timbal (Pb), dan Timah (Sn). Pegujian logam berat mengacu pada AOAC 2015.01. Langkah pertama sampel gula cair ditimbang sebanyak 0,5-1,5 mL kedalam vessel, kemudian ditambahkan HNO₃ dan diamkan selama 15 menit. Vessel yang berisi sampel ditutup kemudian destruksikan kedalam microwave digester. Hasil deestruksi didindingkan lalu dimasukan kedalam labu ukur 50 mL. Kemudian ditambahkan dengan larutan internal satndar campuran. Vessel dibilas dengan akuabides secara kuantitatif lalu digabungkan hasil bilasan dengan hasil destruksi hingga mencapai 50 mL, homogenkan. Lalu larutan disaring menggunakan syrubgefilter 0,20 µm dan diukur intenitas larutan uji dalam sistem ICP-MS.

3.5.12 Respon Glikemik

Pengukuran respon glikemik pada penelitian ini mengacu pada penelitian Nurdin *et al*, (2023) yang dimodifikasi dan akan dilakukan dalam beberapa tahap yaitu

- a) Pengajuan izin komisi etik penelitian (*Ethical Clearanche*),
- b) Perekrutan calon subjek,
- c) Seleksi calon subjek,
- d) Penjelasan penelitian dan *informed consent*,
- e) Pengukuran respon glikemik.

Penelitian ini dilaksanakan setelah mendapat izin komisi etik penelitian dari lembaga yang mengeluarkan komisi etik. Perekrutan calon subjek dan seleksi calon subjek dilakukan dengan metode purposive sampel yang memenuhi kriteria inklusi dan eksklusi. Kriteria inklusi adalah subjek berumur 18-30 tahun baik pria atau wanita, memiliki Indeks Massa Tubuh (IMT) normal (18.5-29 kg/m²), dan dalam keadaan sehat. Kriteria eksklusi antara lain subjek tidak memiliki riwayat penyakit diabetes, tidak sedang mengalami gangguan pencernaan, tidak menjalani pengobatan, tidak menggunakan obat-obatan terlarang, tidak merokok, serta tidak

meminum minuman beralkohol. Responden yang memenuhi kriteria dipilih sebanyak 10 orang (laki-laki dan perempuan). Responden diberikan penjelasan singkat atas penelitian ini dan mengisi informed consent.

Responden sebanyak sepuluh orang diminta untuk berpuasa penuh kecuali air putih selama kurang lebih 10-12 jam (dari malam hari jam 22.00 hingga keesokan paginya). Pengujian dilakukan pada pagi hari (jam 08.00) dengan memberikan sebanyak 50 g produk gula cair kelapa sawit siap dikonsumsi dan sirup glukosa. Responden diuji respon glikemiknya diuji selama 1 minggu, berturut-turut 3 hari sekali. Pada minggu pertama responden diberi sirup glukosa sebanyak 50 g yang dilarutkan pada air 200 ml sebagai pembanding.

Pengujian selanjutnya pada 3 hari berikutnya responden diberi gula cair kelapa sawit sebanyak 50 g yang dilarutkan kedalam 200 ml air dan dianalisis respon glikemiknya. Pasca pemberian masing-masing produk gula cair kelapa sawit sampel darah diambil sebanyak 0,6 μ L dengan metode *finger-prick capillary blood samples*. Pengambilan sampel darah responden dilakukan berturut-turut pada menit ke-0 (sebelum pemberian produk gula cair/ kadar gula darah puasa normal), menit ke-30, menit ke-60, menit ke-90, dan menit ke-120 setelah pemberian produk gula cair. Selama pengambilan darah berlangsung, responden dalam keadaan sedang santai atau tidak melakukan pekerjaan berat. Kadar glukosa darah dimasukkan pada sumbu x (waktu dalam menit) dan sumbu y (kadar glukosa darah). Kemudian kadar gula darah subjek diplotkan ke dalam grafik dengan sumbu x sebagai waktu pengukuran dan sumbu y sebagai kadar gula darah. Kemudian data yang diperoleh ditebar pada grafik dengan kadar glukosa darah (mg/dl) pada sumbu y dan waktu (menit) pada sumbu x, lalu dibuat kurva respon kadar glukosa darah untuk masing-masing responden. Dari kurva yang terbentuk, dihitung luas area dibawah kurva dan ditentukan nilai IG masing-masing sampel dari setiap relawan, lalu dihitung rata-ratanya.

$$IG = \frac{\text{luas area dibawah kurva respon glikemik sampel}}{\text{luas daerah dibawah kurva respon glikemik standar glukosa}} \times 100$$

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan pada penelitian ini yaitu didapatkan gula cair terbaik dengan perlakuan penundaan batang kelapa sawit tua selama 4 minggu yang memiliki rendemen 24%, waktu pemasakan 135 menit, pH 5,5, derajat brix 72°brix, kasar air 38%, kadar abu 3,17%, total gula pereduksi 87,82 g/100g, total fenol 872,78 mg/100g, total flavonoid 28,42 mg/100mg, aktiviitas antioksidan DPPH sebesar 80,40% dan aktivitas antioksidan ABTS sebesar 89,30%. Perlakuan terbaik memiliki profil gula yang menunjukkan kadar glukosa, fruktosa dan sukrosa secara berturut-turut adalah 21,31%, 12,57% dan 8,66% , nilai IC₅₀ DPPH sebesar 136,36 µg/mL dan ABTS sebesar 19,44 nilai IC₅₀ DPPH sebesar 136,36 µg/mL, pengujian Hidroksimetilfulfural (HMF) dan logam berat menunjukkan hasil tidak terdeteksi, serta pengujian respon glikemik yang menunjukkan nilai IG 49,6 yang termasuk kedalam kategori rendah.

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat diberikan saran sebagai berikut

1. Perlakuan penundaan batang sebelum waktu ekstraksi dapat dilakukan dengan membagi per bagian batang (atas, tengah dan bawah) untuk mengetahui bagian yang memiliki kandungan glukosa lebih banyak.
2. Nira kelapa sawit hasil pengepresan dapat diberikan flokulan atau *ion exchange* untuk menghilangkan zat pengotor dan dekolonisasi.
3. Perlu dilakukan pengujian kadar air pada gula dengan menggunakan alat *green moisture tester*.

DAFTAR PUSTAKA

- Afrianti, S., Sekali, A.S.K. dan Syaiful, A.H.M.A.D., 2018. Analisa Perhitungan Harga Pokok Produksi dan Mutu Gula Merah Dari Nira Kelapa Sawit (*Elaeis guinensis*, Jacq). *Agriprimatech*, 1(2) : 1-8.
- Agustira, M.A., Siahaan, D. dan Hasibuan, H.A., 2019. Nilai Ekonomi Nira Sawit Sebagai Potensi Pembiayaan Peremajaan Kebun Kelapa Sawit Rakyat. *Jurnal Penelitian Kelapa Sawit*, 27(2) : 115-126.
- Alengebawy A., Abdelkhalek S.T., Qureshi S.R., Wang M. -Q. 2021. Heavy metals and pesticides toxicity in agricultural soil and plants: ecological risks and human health implications. *Toxics*, 9 : 42.
- Amarowicz, R. and Pegg, R.B., 2019. Natural antioxidants of plant origin. In *Advances in food and nutrition research*. 90 : 1-81.
- Anjani, G., Kurniawati, D.M., Syauqy, A., Purwanti, R., Afifah, D.N., Meliasari, T.S. dan Faizah, N., 2023. Potensi Buah Lokal Kersen (*Muntingia calabura*), Kawista (*Limonia acidissima*) dan Trembesi (*Samanea saman*) Sebagai Bahan Pemanis Dengan Indeks dan Beban Glikemik Rendah. *Media Gizi Indonesia (National Nutrition Journal)*, 18(1): 82–93.
- Anselme, A.L., Albarin, G.G., Jean-Louis, K.K., Brice, G.J. and Jean, N.G., 2018. Glycemic Index of Sugars Extracted from Immature Coconut Water: Case of Coconut Palms (*Cocos nucifera* L.). *Journal of Biosciences and Medicines*, 6(8) : 99-110.
- AOAC International. *Official Methods of Analysis of AOAC International*. 20th ed. Gaithersburg, MD, USA: AOAC International. p. 3172. 2016.
- AOAC. 1999. *Official Methods of Analysis of The Association of Official Analytical Chemistry*. AOAC Int, Washington D.C
- AOAC. 2005. *Official methods of analysis of the Association of Analytical Chemist*. Association of Official Analytical Chemist, Inc. Virginia USA.

- AOAC. 2005. *Official Methods of Analysis of The Association of Official Analytical Chemistry*. AOAC Int, Washington D.C
- AOAC. 2015. *Official Methods of Analysis of The Association of Official Analytical Chemistry*. AOAC Int, Washington D.C
- AOAC. 2019. *Official Methods of Analysis of The Association of Official Analytical Chemistry*. 21st Edition, AOAC International, Washington DC.
- Ariyanti, M., Rosniawaty, S. dann Utami, H.A., 2018. Pertumbuhan Bibit Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) dengan Pemberian Kompos Blotong Disertai dengan Frekuensi Penyiraman yang Berbeda Di Pembibitan utama. *Kultivasi*, 17(3), pp.722-731.
- Arsyad, I. dan Maryam, S., 2017. Analisis Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Produksi Kelapa Sawit pada Kelompok Tani Sawit Mandiri di Desa Suka Maju Kecamatan Kongbeng Kabupaten Kutai Timur. *Jurnal Ekonomi Pertanian & Pembangunan*, 14(1) : 75-85.
- Assah, Y.F. dan Indriaty, F., 2018. Pengaruh Lama Penyimpanan terhadap Mutu Gula Cair dari Nira Aren. *Jurnal Penelitian Teknologi Industri*, 10(1):1-10.
- Assah, Y.F., dan Makalalag, A.K. 2021. Karakteristik Kadar Sukrosa, Glukosa dan Fruktosa pada Beberapa Produk Gula Aren. *Jurnal Penelitian Teknologi Industri*, 13(1) : 37-42.
- Association of Official Agricultural Chemists (AOAC). 2015. AOAC official method 2015.01 heavy metals in food. Inductively coupled plasma –mass spectrometry.
- Babeker, A.M., Ahmed, A.R., Mastafa, G.I., Abdalla, A.A. and Bakur, A., 2022. Determination of some heavy metals and microbial profile of raw sugar samples collected from Sudanese sugar industries in season 2017 in relation to EU. 1998 and ICUMSA, 1974 standards. *International Journal of Agricultural Science and Food Technology*, 8(3): 202-208.
- Badan Pusat Statistik. 2022. *Luas Tanaman Perkebunan Menurut Provisinsi 2019-2021*. Jakarta
- Balali -Mood M., Naseri K., Tahergorabi Z., Khazdair M.R., Sadeghi M. 2021. Toxic mechanisms of five heavy metals: mercury, lead, chromium, cadmium, and arsenic. *Frontiers in Pharmacology*, 12 : 1 -19.

- BPPSDMP. 2010. Cara Pembuatan Gula Merah dari Nira Kelapa Sawit.
<http://Cybex.Pertanian.Go.Id/Artikel/17483/Cara-Pembuatan-Gula-Merah-Dari-Nira-Kelapa-Sawit/>. Diakses pada 28 September 2023.
- Capuano, E., and V. Fogliano. 2011. Acrylamide and 5-hydroxymethylfurfural (HMF): A review on metabolism, toxicity, occurrence in food and mitigation strategies. *LWT: Food Science and Technology*, 44 : 793–810.
- Choi, M.-J., & Shin, K.-S. 2014. Studies on Physical and Sensory Properties of Premium Vanilla Ice Cream Distributed in Korean Market. *Korean. Journal for Food Science of Animal Resources*, 34(6) : 757–762.
- Chu, Y-H., Chang, C-L., & Hsu, H-F. 2002. Flavonoid content of several vegetables and their antioxidant activity. *Journal of the Science of Food Agriculture*. 80(5), 561-566
- Deng, M., Deng, Y., Dong, L., Ma, Y., Liu, L., Huang, F., Wei, Z., Zhang, Y., Zhang, M. and Zhang, R., 2018. Effect of storage conditions on phenolic profiles and antioxidant activity of litchi pericarp. *Molecules*, 23(9): 2276.
- Dewi, R.T.K., Elfriede, D.P. and Fransisca, S.L. 2023. Food Safety Aspects of Palm Sugar: The Authentic Local Sweetener from Baduy Tribe, Indonesia. *Journal of food quality and hazards control*, 10 : 178 -188.
- 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.
- Dirkes, R., Neubauer, P.R. and Rabenhorst, J. 2021. Pressed sap from oil palm (*Elaeis guineensis*) Trunks: a Revolutionary Growth Medium For The Biotechnological Industry?. *Biofuels, Bioproducts and Biorefining*, vol 15(3) : 931-944.
- Erwinda, M.D. dan Susanto, W.H., 2014. Pengaruh pH Nira Tebu (*Saccharum officinarum*) dan Konsentrasi Penambahan Kapur terhadap Kualitas Gula Merah. *Jurnal Pangan dan Agroindustri*, 2(3) : 54-64.
- Fратиwi, M. 2017. *Pembuatan Sirup Glukosa dari Bengkuang (Pachyrizus erosus) secara Hidrolisis Asam dalam Tangki Berpengaduk*. [Doctoral dissertation]. Politeknik Negeri Sriwijaya: Palembang.

- Fuadi, M.R., Sinaga, Y.M.R.S., Yuniarto, K. dan Widyastuti, S., 2023. Perubahan Sifat Fisik dan Hubungan Antar Parameter Nira Aren Selama Pemasakan Udara Terbuka. *Teknotan: Jurnal Industri Teknologi Pertanian*, 17(3) : 189-196.
- 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 (*Elaeis guineensis* Jacq). *Jurnal Ilmu dan Teknologi Pangan*, 6(2) : 273-278
- Gultom, G.A., Krisnamurthi, B. dan Saragih, B., 2023. Pengaruh harga internasional, ekspor, harga tbs, dan volume produksi biodiesel terhadap harga CPO domestik. *Forum Agribisnis: Agribusiness Forum*, 13(2) : 152-163
- Gupta, S. S. and Ghosh, M. 2013. In Vitro Antioxidative evaluation of α and β -carotene, isolated from crude palm oil. *Journal of Analytical Methods in Chemistry*. Article ID: 351671: 1-10
- Hamid, Z. A. A., Arai, T., Sitti Fatimah, M.R., Kosugi, A., Sulaiman, O., Hashim, R., Nirasawa, S., Ryohei, T., Lokesh, B.E., Sudesh, K. and Murata, Y., 2014. Analysis of free sugar and starch in oil palm trunks (*Elaeis guineensis* Jacq.) from various cultivars as a feedstock for bioethanol production. *International Journal of Green Energy*, ISSN: 1543-5075: 1-22.
- Harahap, N.M., 2019. *Karakterisasi Dan Pemurnian Nira Kelapa Sawit (Elaeis guineensis Jacq.) Menggunakan Zeolit*. [Doctoral dissertation]. Universitas Sumatera Utara.
- Herlina, H., Lindriati, T. and Prahasbynar, P., 2016. penggunaan ekstrak kasar polisakarida larut air dari biji buah durian (*Durio zibethinus* Murr.) pada pembuatan saos tomat. *Agritech*, 36(3) : 286-293.
- Heryani, H. 2016. *Keutamaan Gula Aren & Strategi Pengembangan Produk*. Lambung Mangkurat University Press. Banjarmasin:
- Ho, C.W., Aida, W.M., Maskat, M.Y. and Osman, H., 2008. Effect of thermal processing of palm sap on the physico-chemical composition of traditional palm sugar. *Pakistan Journal Of Biological Sciences: PJBS*, 11(7) : 989-995.

- Hoerudin. (2012). Indeks glikemik buah dan implikasinya dalam pengendalian kadar glukosa darah. *Buletin Teknologi Pascapanen Pertanian*, 8(2) : 80–98.
- Hossain, N., Zaini, J., Jalil, R. and Mahlia, T.M.I. 2018. The efficacy of the period of saccharification on oil palm (*Elaeis guineensis*) trunk sap hydrolysis. *International Journal of Technology*, vol 9(4): 652-662.
- Huang, W Y; Cai, Y Z and Zhang, Y. 2009. Natural phenolic compounds from medicinal herbs and dietary plants: Potential use for cancer prevention. *Nutrition and Cancer*, 62(1) : 1-20.
- Ilmiyah, L., Assyfh, R. D., Fariati, dan Yuliatun, S. 2018. Dekolorisasi sirup gula merah menggunakan kombinasi resin penukar kation dan anion. *Prosiding Seminar Nasional Kimia dan Pembelajarannya (SNKP)*. pp. 163-169.
- Iskandar, A. dan Darusalam, L.Y., 2020. Karakteristik Nira Kelapa Fermentasi dengan Metoda Fermentasi Moromi. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, 30(2) : 244-255.
- Istiqomah, A., dan Rustanti., N. 2015. Indeks Glikemik, Beban Glikemik, Kadar Protein, Serat, dan Tingkat Kesukaan Kue Kering Tepung Garut Dengan Substitusi Tepung Kacang Merah. *Journal of Nutrition College*. Vol 4(4) : 620-627.
- Jaya, D.D. and Khair, M., 2020. Pembuatan Karbon Aktif melalui Karbonisasi Batang Kelapa Sawit. *Chemistry Journal of State University of Padang*, 9(1): 7-10.
- Kementrian Pertanian. 2023. Statistik konsumsi pangan 2023. https://satudata.pertanian.go.id/assets/docs/publikasi/Buku_Statsitik_Konsumsi_Pangan_2023. Diakses pada 10 Mei 2024.
- Koesprimadisari, A. R., Arrisujaya, D., dan Syafdaningsih, R. 2016. Uji Kandungan Hidroksimetilfurfural (HMF) sebagai Parameter Kualitas Madu. *Jurnal Sains Natural*, 6(2): 44-51.
- Kosugi, T. Arai, Y. Murata, S. Nirasawa, K. Yamamoto, S. Ohara, M.N.M. Yusof, W.A. Ibrahim, and Y. Mori. 2010. Old oil palm trunk: A promising source of sugars for bioethanol production. *Biomass and Bioenergy* 34(11):1608-1613.

- Kusuma, H.A., Lestari, N.A. dan Christie, C.D.Y. 2022. Sifat Fisikokimia dan Komposisi Nutrisi Pada Gula Cair yang Diproses dengan Metode Vakum. *Jurnal Industri Teknologi Pertanian*, 16(2) : 115-120.
- Lagacé, L; Leclerc, S; Charron, C and Sadiki, M. 2015. Biochemical composition of maple sap and relationships among constituents. *J. Food Compos and Analysis*, 41 : 129-136.
- Lee J. -G., Hwang J. -Y., Lee H. -E., Kim T. -H., Choi J. -D., Gang G. -J. 2019. Effects of food processing methods on migration of heavy metals to food. *Applied Biological Chemistry*. 62(64) : 1-10.
- Lertittikul, W., Benjakul, S. and Tanaka, M., 2007. Characteristics and antioxidative activity of Maillard reaction products from a porcine plasma protein–glucose model system as influenced by pH. *Food Chemistry*, 100(2) : 669-677.
- Litana, J., Karo, T.K. dan Yusraini, 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):77-87.
- Lubis, M.F. dan Lubis, I., 2018. Analisis Produksi Kelapa Sawit (*Elaeis Guineensis* Jacq.) di Kebun Buatan, Kabupaten Pelalawan, Riau. *Buletin Agrohorti*, 6(2) : 281-286.
- Luthfi, J. K., Fariati dan Yuliatun, S. Dekolorisasi dan demineralisasi nira tebu menggunakan resin penukar ion (amberlite IR-120 NA dan amberlite IRA-96 RF). *Prosiding Seminar Nasional Kimia dan Pembelajarannya (SNKP)*. pp. 21-29.
- Marlida, Y., Mirza, 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.
- Marsigit, W., Tutuarima, T. dan Hutapea, R., 2018. Pengaruh Penambahan Gula dan Karagenan Terhadap Karakteristik Fisik, Kimia, dan Organoleptik Soft Candy Jeruk Kalamansi (*Citrofortunella microcarpa*). *Jurnal Agroindustri*, 8(2) : 113-123.

- Megavitry, R., A. Laga, A. Syarifuddin, S., dan Widodo. 2019. Pengaruh Suhu Gelatinasi dan Waktu Sakarifikasi terhadap Produk Sirup Glukosa Sagu. *Sinergitas Multidisiplin Ilmu Pengetahuan Dan Teknologi*, 2: 26- 27.
- Morgan J.N. 1999. Effects of processing on heavy metal content of foods. *Advances in Experimental Medicine and Biology*, 459 : 195 -211.
- Mudoga, H. L., Yucel, H., & Kincal, N. S. (2008). Decolorization of sugar syrups using commercial and sugar beet pulp based activated carbons. *Bioresource Technology*, 99(9): 3528–3533.
- Munteanu, I.G. and Apetrei, C., 2021. Analytical methods used in determining antioxidant activity: A review. *International journal of molecular sciences*, 22(7) : 3380.
- Naknean, P. and Meenune, M., 2015. Impact of clarification of palm sap and processing method on the quality of palm sugar syrup (*Borassus flabellifer* Linn.). *Sugar Tech*, 17 : 195-203.
- Natawijaya, D., Suhartono, S. and Undang, U. 2018. The analysis of sap water yield and palm sugar (*Arenga pinnata* Merr.) quality in Tasikmalaya District. *Jurnal Agroforestri Indonesia*, 1(1) : 57-64.
- Noparat, P., Prasertsan, P. and Sompong, O., 2012. Potential for using enriched cultures and thermotolerant bacterial isolates for production of biohydrogen from oil palm sap and microbial community analysis. *International journal of hydrogen energy*, 37(21): 16412-16420.
- Nuraini, M.N.N., Mutma'innah, M.N., Tridayanti, D. dan Hartanti, L., 2022. Produksi Gula Cair dari Selulosa Kulit Buah Naga Merah (*Hylocereus polyrhizus*) dengan Hidrolisis Enzim. *Journal of Agritechnology and Food Processing*, 2(1) : 35-42.
- Nurdin, S.U., Nurdjanah, S., Triyandi, R. and Nurhadi, B., 2024. Antioxidant Activity, Glycemic Response, and Functional Properties of Rice Cooked with Red Palm Oil. *Journal of Nutrition and Metabolism*, 2024 : 1-10.
- Nurdjanah, S., Nurbaiti, N., Astuti, S. and Sartika, D., 2023. Evaluation On The Effect Of Butternut Pumpkin (*Cucurbita Moschata*) Maturity Stage On The Bioactive Components And Antioxidant Activity Of Pumpkin Flour. *Jurnal Teknologi dan Industri Pertanian*, 28(2):174-183.

- Nurlela, E. 2002. Kajian Faktor Yang Mempengaruhi Pembentukan Warna Gula Merah. Departemen Ilmu dan Teknologi Pangan. IPB Press. Bogor. pp. 5 –7.
- Nursafuan, D., Ersan, E. and Supriyatdi, D., 2016. Pembuatan Gula Aren Cair dengan Pengaturan Kapur dan Suhu Evaporasi. *Jurnal Agro Industri Perkebunan*, 4(2) : 79-87.
- Pahan, I. 2015. *Panduan Teknis Budidaya Kelapa Sawit Untuk Praktisi Perkebunan*. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Phetrit, R., Chaijan, M., Sorapukdee, S. and Panpipat, W., 2020. Characterization Of Nipa Palm's (*Nypa fruticans Wurmb.*) Sap and Syrup As Functional Food Ingredients. *Sugar Tech*, 22 : 191-201.
- Ranasinghe, P., Premakumara, G.A.S., Wijayarathna, C.D. and Ratnasooriya, W.D., 2012. Antioxidant activity of *Caryota urens* L.(Kithul) sap. *Tropical Agricultural Research*, 23(2) : 117-125.
- Ratna, P. A., & Yulistiani, F. 2015. Pembuatan Gula Cair dari Pati Singkong dengan Menggunakan Hidrolisis Enzimatis. *Jurnal Fluida*, 11(2) : 9-14.
- Rimbawan, & Siagian, A. (2004). *Indeks Glikemik Pangan*. Penebar Swadaya. Jakarta
- Rizal, A. 2022. Identifikasi Gulma pada Tanaman Kelapa Sawit Menghasilkan Setelah Aplikasi Kompos dan Tandan Kosong di PT Bangun Tata Lampung Asri (Sungai Budi Group). *Jurnal Pengelolaan Perkebunan (JPP)*, 2(1) : 30-37.
- Saengkrajang, W., Chaijan, M. and Panpipat, W., 2021. Physicochemical Properties And Nutritional Compositions Of Nipa Palm (*Nypa fruticans Wurmb*) Syrup. *NFS Journal*, 23 : 58-65.
- Santoso, B. 1993. *Pembuatan Gula Kelapa*. Kanisius. Yogyakarta.
- Sarkar, T., Mukherjee, M., Roy, S. and Chakraborty, R. 2023. Palm sap sugar an unconventional source of sugar exploration for bioactive compounds and its role on functional food development. *Heliyon*, vol 9.
- 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.

- Sjarif, S.R., 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. *Jurnal Penelitian Teknologi Industri*, 13(1) : 27-36
- Solang, M., Ismail, Y.N.N. dan Uno, W.D., 2020. Komposisi Proksimat dan Indeks Glikemik Nira Aren. *Biospecies*, 13(2) : 1-9.
- Srikaeo, K., Sangkhiaw, J. and Likittrakulwong, W. 2019. Productions and functional properties of palm sugars. *Walailak Journal of Science and Technology (WJST)*, 1(11) :897-907.
- Sulaiman, S., Jafarzadeh, S. and Ariffin, F. 2020. Characterisation of physico-chemical and antioxidant properties of oil palm trunk saps as affected by the storage time in comparison to nipa sap. *Journal of Oil Palm Research*, 32(1) : 75-82.
- Sundu, R., Supriningrum, R. and Fatimah, N., 2022. Kandungan total senyawa fenol, total senyawa flavonoid dan aktivitas antioksidan ekstrak etanol kulit batang sekilang (*Embelia borneensis* Scheff.). *Bivalen: Chemical Studies Journal*, 5(2) :31-36.
- Syahputra, E, Sarbino, dan S. Dian. 2011. Weed Assessment di Perkebunan Kelapa Sawit Lahan Gambut. *Jurnal Teknik Perkebunan & PSDL* (1) :7-42.
- Tomomatsu, A., Itoh, T., Wijaya, C.H., Nasution, Z., Kumendong, J. And Matsuyama, A., 1996. Chemical constituents of sugar-containing sap and brown sugar from palm in Indonesia. *Japanese Journal of Tropical Agriculture*, 40(4) : 175-181..
- Triantarti dan Hendro, S. 2009. *Studi Pembuatan Sirup Invert Tebu Menggunakan Kombinasi Resin Kation dan Anion*. Pasuruan: Pusat Penelitian Gula Indonesia (P3GI).
- 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.
- Ulum, K., Purwantiningrum, I., Yustina, R.D., Murdiyatmo, U. dan Wardani, A.K., 2021. Studi Komparasi: Produksi Bioetanol Nira Batang Kelapa Sawit

- oleh Flokulan dan Non-Flokulan *Saccharomyces cerevisiae*. *Jurnal Agritech*, 40(4) : 322-331.
- Van Der Poel, P.W., Schiweck, H., Schwartz, T., 1998. *Sugar technology: beet and cane sugar manufacture*. Verlag Dr. Albert Bartens KG, Berlin, p.516
- Veronika, N., Dhora, A. dan Wahyuni, S., 2019. Pengolahan Limbah Batang Sawit Menjadi Pupuk Kompos dengan Menggunakan Dekomposer Mikroorganisme Lokal (MOL) Bonggol Pisang. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, 29(2):154-161.
- Wedowati, E. R., Puspitasari, D., Rejeki, F. S., dan Kadir, A. 2015. *Gula Siwalan Sebagai Bahan Pemanis Alami dan Aman : Tinjauan dari Kandungan Kalori dan Indeks Glikemik*. Prosiding Seminar Agroindustri Dan Lokalkarya Nasional FKPT -TPI Program Studi TIP-UTM, A-33.
- 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.
- Wulandika, V., Novianti, N., Siahian, O. S. H., dan Zulfansyah. 2019. *Pembuatan Gula Merah Dari Nira Batang Sawit Dengan Teknologi Vakum*. Seminar Nasional Teknologi dan Pengelolaan Lingkungan Tropis Pekanbaru. Teknik Lingkungan Universitas Riau.
- Yamada, H., Tanaka, R., Sulaiman, O., Hashim, R., Hamid, Z.A.A., Yahya, M.K.A., Kosugi, A., Arai, T., Murata, Y., Nirasawa, S. and Yamamoto, K., 2010. Old Oil Palm Trunk: A Promising Source Of Sugars For Bioethanol Production. *Biomass and Bioenergy*, 34(11) : 1608-1613.
- Yue, F., Zhang, J., Xu, J., Niu, T., Lü, X. and Liu, M. 2022. Effects of monosaccharide composition on quantitative analysis of total sugar content by phenol-sulfuric acid method. *Frontiers in nutrition*, vol 9 : 963318. 2022.
- Yuliatun, S., Wicaksono, P.P.B. dan Ariyantoro, A.R., 2023. Analisa indeks glikemik sari tebu alami, nira serbuk, dan gula kristal putih dengan metode in vivo dan metode in vitro. *Indonesian Sugar Research Journal*, 3(2) : 86-95.
- Yustiana, A., Nurdjanah, S., Nurdin S. U., Murhadi, dan Sartika, D. 2022. Pengaruh penambahan kacang merah dan ketan hitam pada susu nabati kaya

antioksidan berbahan baku biji-bijian lokal dan jamur tiram. *Jurnal Teknologi dan Industri Hasil Pertanian*, Vol 27 (2) : 99-107.

Zahari M. A. K. M., Zakaria M. R., Ariffin H, Mokhtar M. N., Salihon J, dna Shirai Y. 2012. Renewable sugars from oil palm frond juice as an alternative novel fermentation feedstock for value-added products. *Bioresour Technol*, 110 : 566–571.