



**PENGUKURAN KADAR SUKROSA NIRA KELAPA  
PADA BERBAGAI UMUR TANAMAN**

**SKRIPSI**

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat  
untuk menyelesaikan studi pada Program Studi Fisika (S-1)  
dan mencapai gelar Sarjana Sains

Oleh

**Mei Dita Asri Asih**

**NIM 131810201008**

**JURUSAN FISIKA**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM**

**UNIVERSITAS JEMBER**

**2019**

## PERSEMBAHAN

Dengan nama Allah SWT yang Maha Pengasih dan Maha Penyayang, skripsi ini saya persembahkan kepada:

1. Orang tua tercinta, Bapak Ribut Hariyanto dan Ibu Sumiarsih, terimakasih atas kasih sayang, dukungannya serta doa yang tiada henti;
2. Adik tercinta, Julia Sartika Dewi, terimakasih atas segala dukungan dan doa yang diberikan dan keluarga besar yang mendukung untuk menyelesaikan skripsi ini;
3. Sahabat-sahabat tersayang, Dian Mustika Eriyanto, Ingkan Nurma Dewintasari, dan Kiki Candra Krista yang selalu memberi motivasi dan bantuan selama proses menyelesaikan skripsi;

### MOTO

“Ingatlah, sesungguhnya kamu takkan pernah memperoleh ilmu kecuali dengan enam syarat, yaitu: 1) kecerdasan, 2) ambisi, 3) sabar, 4) bekal yang cukup, 5) petunjuk guru, dan 6) waktu yang lama.” \*)

“Bersabarlah kalian, sesungguhnya Allah bersama orang-orang yang sabar.” \*\*)



---

\*) Al Hakim , M. A. A. 2004. *Tetes-Tetes Hikmah*. Yogyakarta: Pustaka Fahima

\*\*\*) Terjemahan QS. Al Anfal : 46

**PERNYATAAN**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini

Nama : Mei Dita Asri Asih

NIM : 131810201008

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi yang berjudul “Pengukuran Kadar Sukrosa Nira Kelapa Pada Berbagai Umur Tanaman” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah disebutkan sumbernya dan belum pernah diajukan pada institusi manapun serta bukan karya jiplakan. Penelitian ini didanai dengan sumber dana mandiri. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Penelitian ini merupakan bagian dari penelitian bersama dosen dan mahasiswa dan hanya dapat dipublikasikan dengan mencantumkan nama dosen pembimbing.

Dengan demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa ada tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 07 Mei 2019

Yang menyatakan,

Mei Dita Asri Asih

NIM 131810201008

**SKRIPSI**

**PENGUKURAN KADAR SUKROSA NIRA KELAPA  
PADA BERBAGAI UMUR TANAMAN**

Oleh

**Mei Dita Asri Asih  
NIM 131810201008**

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Ir. Misto, M.Si

Dosen Pembimbing Anggota : Supriyadi, S.Si., M.Si

**PENGESAHAN**

Skripsi yang berjudul “Pengukuran Kadar Sukrosa Nira Kelapa Pada Berbagai Umur Tanaman” karya Mei Dita Asri Asih telah diuji dan disahkan pada :

hari, tanggal : Jumat, 12 April 2019

tempat : Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Tim Penguji,

Ketua,

Anggota I

Ir. Misto, M.Si  
NIP 195911211991031002

Supriyadi, S.Si., M.Si  
NIP 198204242006041003

Anggota II

Anggota III

Bowo Eko Cahyono, S.Si, M.Si, Ph.D  
NIP 197202101998021001

Wenny Maulina, S.Si, M.Si  
NIP 198711042014042001

Mengesahkan  
Dekan,

Drs. Sujito, Ph.D  
NIP. 196102041987111001

## RINGKASAN

**Pengukuran Kadar Sukrosa Nira Kelapa Pada Berbagai Umur Tanaman;** Mei Dita Asri Asih, 131810201008; 2019: 101 halaman; Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Gula adalah salah satu pemanis yang umum dikonsumsi oleh masyarakat. Beberapa produk gula yang mudah ditemukan di pasaran yaitu gula pasir, gula merah, gula batu dan lainnya. Gula kelapa sering disebut sebagai gula merah atau gula jawa. Bahan baku gula kelapa adalah nira kelapa. Nira merupakan cairan manis yang terdapat dalam manggar bunga kelapa. Gula kelapa memiliki aroma dan rasa yang khas dari gula lainnya. Dalam pengolahan nira kelapa dibutuhkan nira yang baik untuk menghasilkan gula kelapa yang baik.

Penyadapan perlu dilakukan pada tanaman kelapa yang dapat menghasilkan nira dengan volume cukup untuk diolah menjadi gula kelapa sehingga perlu diketahui umur tanaman, Berdasarkan hal tersebut pada penelitian ini dilakukan pengukuran produksi (volume) nira pada berbagai umur tanaman kelapa dan kadar sukrosa yang terkandung. Selain itu, dalam proses penyadapan perlu diberikan pengawet karena sukrosa mudah mengalami fermentasi yang menyebabkan nira menjadi basi. Pengawet yang diberikan adalah 1 sdm kapur. Dari penambahan pengawet tersebut dapat diukur nilai pH nira untuk mengetahui sukrosa berfermentasi atau tidak. Nira dalam keadaan baik memiliki pH 6-7.

Sampel pada penelitian didapat dari kebun kelapa Pak Mok desa Panti-Jember. Empat pohon dipilih secara acak untuk dihitung umurnya sebagai Pohon 1, Pohon 2, Pohon 3, dan Pohon 4. Umur tanaman diketahui dari metode filotaksis dan dilakukan satu kali. Setiap pohon disadap tiga tandannya dan dilabeli sebagai A, B, dan C. Penelitian dilakukan di Laboratorium Fisika Modern Jurusan Fisika Universitas Jember. Pada penelitian ini dilakukan konstruksi alat interferometer Michelson yang digunakan untuk mencari nilai indeks bias sukrosa standart dan digunakan sebagai acuan. Nilai indeks bias sukrosa standart dan nira digrafikkan kemudian persamaan nira disubstitusikan ke dalam grafik sukrosa standart dan nilai x dimasukkan 100% diasumsikan nira yang diuji adalah nira murni sehingga

dapat diketahui kadar sukrosa nira yang diuji sebesar  $x$  dari persamaan sukrosa standart. Produksi (volume) dilakukan selama enam hari untuk penyadapan pagi dan sore hari menggunakan gelas ukur. pH nira diukur menggunakan pH meter.

Hasil pengukuran menunjukkan umur Pohon 1 adalah 60 tahun, Pohon 2 45,8 tahun, Pohon 3 40 tahun, dan Pohon 4 27,5 tahun. Pada metode filotaksis, umur tanaman ditentukan dengan menghitung jumlah pelepah pada batang (P). Pengukuran volume nira selama enam hari penyadapan menunjukkan bahwa umur tanaman yang semakin muda menghasilkan nira yang semakin banyak. Volume rata-rata nira yang dihasilkan perhari adalah 0,58 liter, 0,50 liter, dan 0,52 liter pada Pohon 1; 1,40 liter, 1,38 liter, dan 1,24 liter pada Pohon 2; 1,65 liter, 1,66 liter, dan 1,62 liter pada Pohon 3; serta 2,68 liter, 2,64 liter, dan 2,63 liter pada Pohon 4. Pohon yang menghasilkan nira lebih banyak, lebih efisien untuk disadap. Nilai pH yang terukur mendekati skala 6-7 menunjukkan nira dalam keadaan baik. Nilai pH dipengaruhi oleh pengawet yang diberikan sebelumnya. Kadar sukrosa nira kelapa yang dihasilkan pada keempat pohon adalah 18,67%, 17,87%, dan 18,95% pada Pohon 1; 15,63%, 14,98%, dan 15,20% pada Pohon 2; 15,56%, 14,98%, dan 13,31% pada Pohon 3; serta 12,01%, 15,20%, dan 13,10% pada Pohon 4. Berdasarkan hasil penelitian dapat dikatakan bahwa nira yang diuji memenuhi SNI yang ditetapkan dan dalam keadaan baik.

## PRAKATA

Puji syukur ke hadirat Allah SWT atas segala nikmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul "Pengukuran Kadar Sukrosa Nira Kelapa Pada Berbagai Umur Tanaman". Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

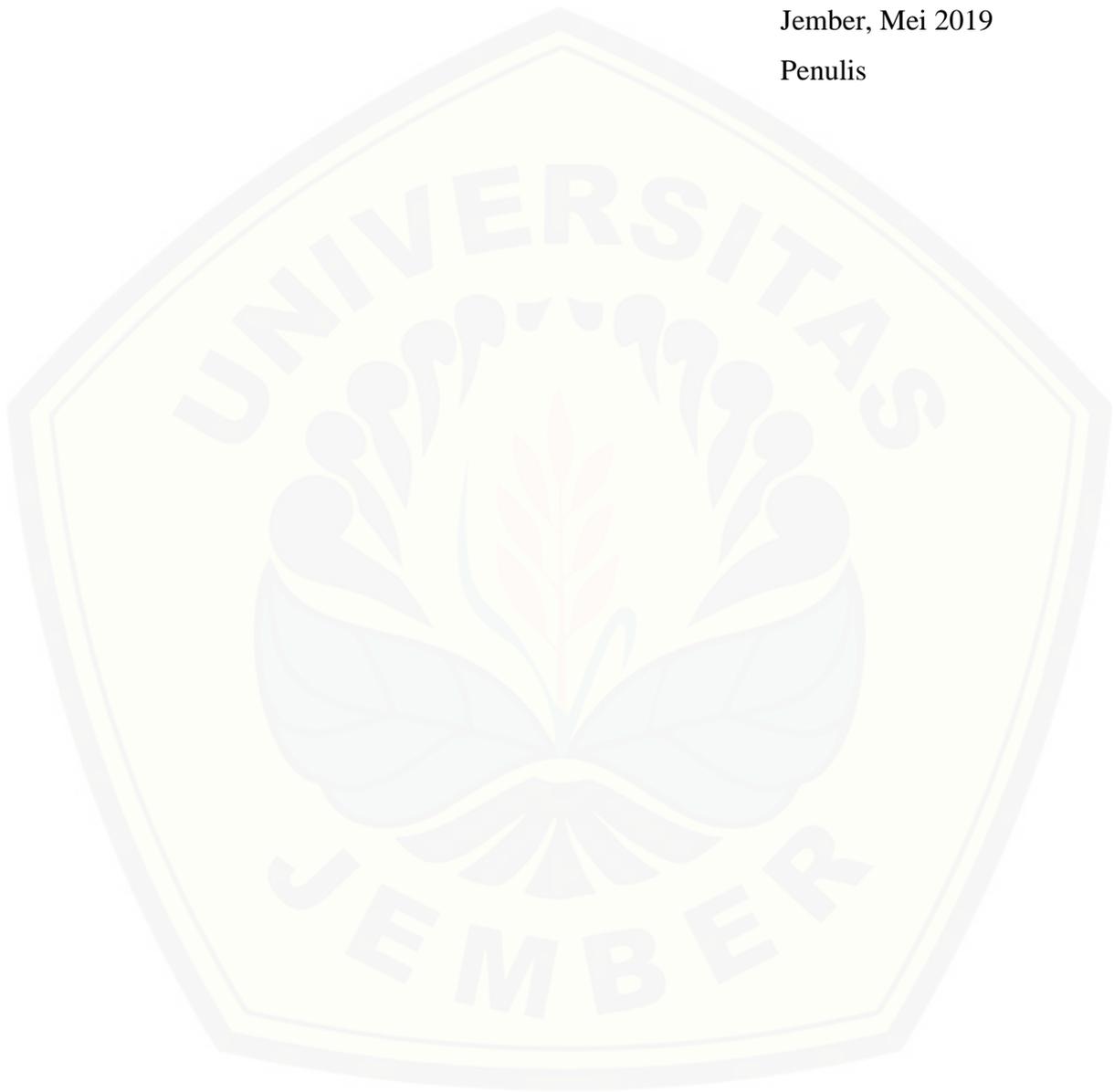
Penyusunan Skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak, oleh karena itu penulis menyampaikan terimakasih kepada :

1. Bapak Ir. Misto, M.Si., selaku Dosen Pembimbing Utama dan Bapak Supriyadi, S.Si., M.Si., selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah meluangkan waktu, pikiran, dan perhatian dalam penulisan skripsi ini;
2. Bapak Bowo Eko Cahyono, S.Si., M.Si., Ph.D selaku Dosen Penguji I dan Ibu Wenny Maulina, S.Si., M.Si., selaku Dosen Penguji II yang telah memberikan kritik dan saran dalam penulisan skripsi ini;
3. Bapak Mok, selaku pemilik kebun yang membantu menyediakan bahan baku penelitian dan membantu proses penelitian;
4. Bapak Taufik selaku teknisi Laboratorium Fisika Modern Jurusan Fisika yang telah banyak membantu demi kelancaran selama penelitian berlangsung;
5. Seluruh dosen pengajar, staff akademik, teknisi laboratorium yang telah mendukung dan membantu selama masa perkuliahan berlangsung;
6. Sahabat-sahabatku, Nurine Syarafina Khawaja Chisti, Dyta Nurul Aliyah, Darma Winhaler Gultom, Yuningtyas Nely K. D, Tri Oktafiani, Nik Ulil Ismatul H, dan Lilis Fitrianingtyas yang selalu ada dan saling membantu selama masa perkuliahan
7. Teman-teman seperjuangan angkatan 2013 Jurusan Fisika Universitas Jember yang tidak dapat saya sebutkan satu per satu;
8. Semua pihak yang telah memberikan sumbangan tenaga dan pikiran yang tidak dapat disebutkan satu persatu oleh penulis dalam kelancaran penulisan skripsi ini.

Penulis sadar bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna, oleh karena itu penulis menerima segala kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini. Akhir kata penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat.

Jember, Mei 2019

Penulis



DAFTAR ISI

	Halaman
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	ii
<b>HALAMAN MOTO</b> .....	iii
<b>HALAMAN PERNYATAAN</b> .....	iv
<b>HALAMAN PEMBIMBINGAN</b> .....	v
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	vi
<b>RINGKASAN</b> .....	vii
<b>PRAKATA</b> .....	ix
<b>DAFTAR ISI</b> .....	xi
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xiii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xiv
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xv
<b>BAB 1. PENDAHULUAN</b> .....	1
<b>1.1 Latar Belakang</b> .....	1
<b>1.2 Rumusan Masalah</b> .....	5
<b>1.3 Batasan Masalah</b> .....	5
<b>1.4 Tujuan</b> .....	6
<b>1.5 Manfaat Penelitian</b> .....	6
<b>BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	7
<b>2.1 Gula</b> .....	7
<b>2.2 Gula Kelapa</b> .....	9
2.2.1 Pengertian Gula Kelapa .....	9
2.2.2 Tingkat Konsumsi Gula Kelapa.....	9
2.2.3 Mutu dan Komposisi Gula Kelapa.....	10
<b>2.3 Tanaman Kelapa</b> .....	12
<b>2.4 Nira Kelapa</b> .....	17
2.4.1 Pengertian Nira .....	17
2.4.2 Komposisi dan Mutu Nira Kelapa .....	17
2.4.3 Penyadapan dan Tingkat Produksi Nira.....	18
2.4.4 Kerusakan dan Pengawetan Nira .....	20
<b>2.5 Konsentrasi Larutan</b> .....	21
<b>2.6 Tingkat Keasaman (pH)</b> .....	22
<b>2.7 Sukrosa</b> .....	23
<b>2.8 Laser HeNe</b> .....	25
<b>2.9 Indeks Bias</b> .....	26

2.10	Interferensi Cahaya .....	27
2.11	Interferometer Michelson .....	31
2.12	Phyllotaxis (Filotaksis).....	34
<b>BAB 3.</b>	<b>METODE PENELITIAN.....</b>	<b>38</b>
3.1	Rancangan Penelitian .....	38
3.2	Jenis dan Sumber Data Penelitian.....	39
3.2.1	Jenis Penelitian.....	39
3.2.2	Sumber Data Penelitian.....	39
3.3	Variabel Penelitian dan Skala Pengukuran .....	40
3.3.1	Variabel Bebas .....	40
3.3.2	Variabel Terikat .....	40
3.3.3	Variabel Kontrol .....	40
3.4	Kerangka Pemecahan Masalah .....	41
3.4.1	Tahap Persiapan .....	43
3.4.2	Pembuatan Sampel.....	44
3.4.3	Tahap Kontruksi Alat.....	44
3.4.4	Kalibrasi Alat Penelitian .....	45
3.4.5	Tahap Pengambilan Data .....	46
3.5	Metode Analisa Data.....	48
<b>BAB 4.</b>	<b>HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>51</b>
4.1	Penentuan Umur Tanaman .....	51
4.2	Pengukuran Volume Produksi .....	53
4.3	Pengukuran Kadar Sukrosa .....	60
<b>BAB 5.</b>	<b>PENUTUP .....</b>	<b>65</b>
5.1	Kesimpulan .....	65
5.2	Saran .....	65
	<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>66</b>
	<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>73</b>

**DAFTAR TABEL**

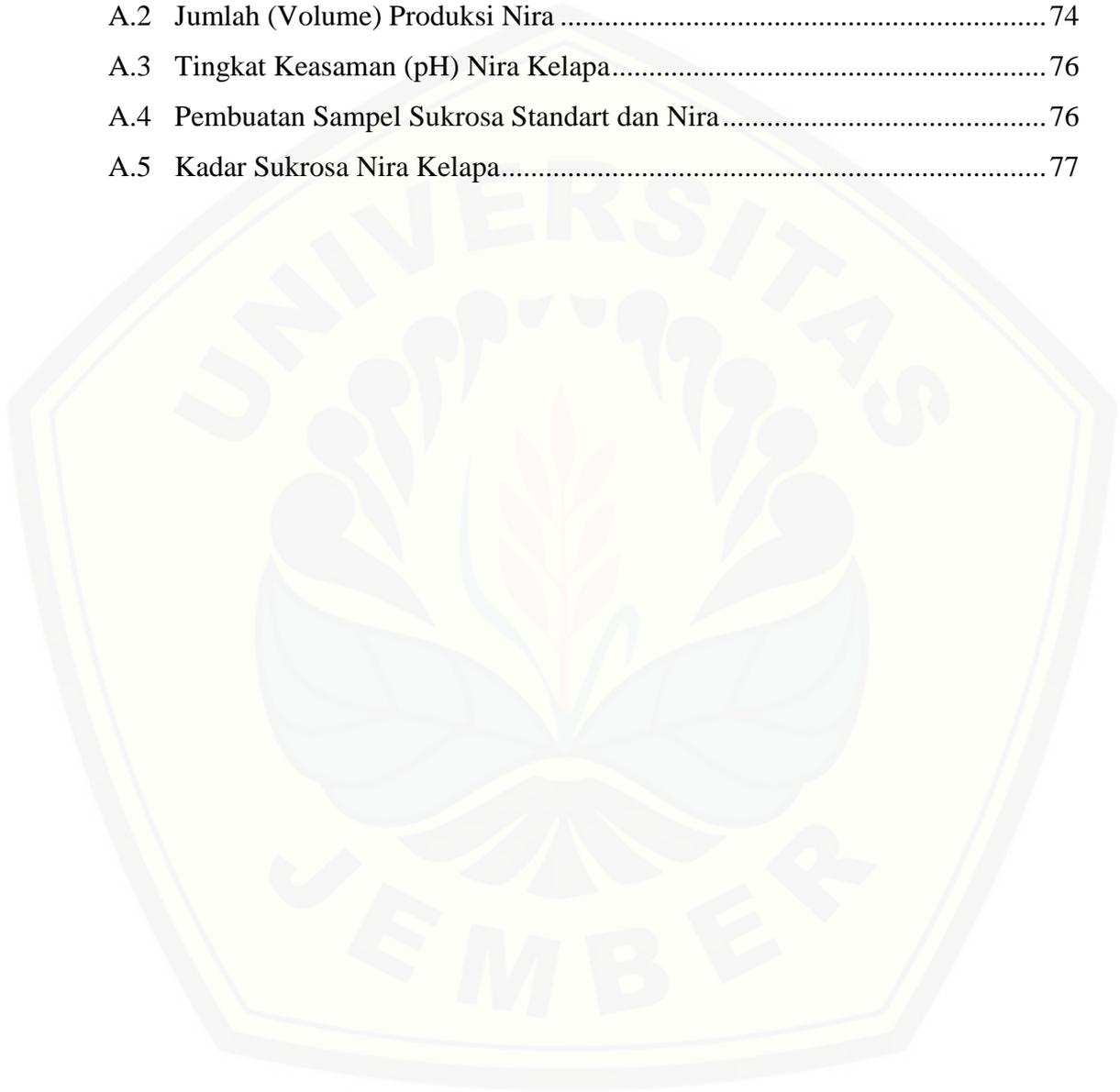
	Halaman
2.1 Konsumsi, produksi, dan defisit gula nasional tahun 2008/2012 .....	7
2.2 Syarat mutu gula merah kelapa (SNI 01-3743-1995).....	10
2.3 Syarat mutu gula semut SNI (SII 0268-85) .....	11
2.4 Perbedaan gula putih dan gula kelapa .....	11
2.5 Luas panen, produksi dan produktivitas perkebunan kelapa .....	16
2.6 Komposisi nira kelapa segar pada (g/100ml) .....	18
2.7 Indeks bias medium .....	26
4.1 Pengukuran umur tanaman kelapa .....	52

**DAFTAR GAMBAR**

	Halaman
2.1 Persebaran produksi kelapa di Indonesia.....	12
2.2 Tanaman kelapa.....	13
2.3 Penyadapan nira.....	19
2.4 Struktur sukrosa.....	24
2.5 Laser HeNe.....	26
2.6 (a) Interferensi konstruktif (b) Interferensi destruktif.....	28
2.7 Percobaan interferensi dengan celah.....	29
2.8 Interferensi cahaya pada lapisan tipis.....	30
2.9 Pola gelap terang cincin newton.....	31
2.10 Skema interferometer Michelson.....	32
2.11 Pola frinji yang dihasilkan interferometer Michelson.....	32
2.12 Bekas pangkal pelepah daun pada permukaan batang.....	36
2.13 Bagan tata letak daun.....	36
2.14 Diagram tata letak daun.....	37
3.1 Diagram alir rancangan kegiatan penelitian.....	41
3.2 Diagram alir pengukuran kadar sukrosa nira kelapa.....	42
3.3 Diagram alir penentuan umur tanaman.....	42
3.4 Desain alat interferometer Michelson.....	45
3.5 Grafik konsentrasi sukrosa standart vs indeks bias pada penelitian Mutmainah dkk (2015).....	50
4.1 Grafik hubungan jumlah lilitan pelepah (P) dan umur tanaman.....	53
4.2 Grafik volume produksi rata-rata perhari pohon kelapa.....	54
4.3 Pengukuran pH nira pohon kelapa.....	57
4.4 Grafik hubungan volume produksi dan pH.....	59
4.5 Frinji pada konsentrasi (a) 4% dan (b) 10%.....	61
4.6 Grafik hubungan konsentrasi larutan dan indeks bias.....	62
4.7 Perhitungan kadar sukrosa (%) nira kelapa.....	63

**DAFTAR LAMPIRAN**

A.1	Penentuan Umur Tanaman Kelapa.....	73
A.2	Jumlah (Volume) Produksi Nira .....	74
A.3	Tingkat Keasaman (pH) Nira Kelapa.....	76
A.4	Pembuatan Sampel Sukrosa Standart dan Nira.....	76
A.5	Kadar Sukrosa Nira Kelapa.....	77



## BAB 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Gula merupakan salah satu pemanis yang umum dikonsumsi masyarakat. Gula biasa digunakan sebagai pemanis di makanan maupun minuman. Dalam bidang makanan, selain sebagai pemanis, gula juga digunakan sebagai stabilizer dan pengawet. Menurut Darwin (2013), gula adalah suatu karbohidrat sederhana karena dapat larut dalam air dan langsung diserap tubuh untuk diubah menjadi energi. Ada berbagai jenis produk gula yang beredar di pasaran seperti gula semut, gula merah, gula pasir, dan lainnya. Berbagai jenis produk gula ini memiliki ciri khas masing-masing dengan cara pengolahan yang berbeda. Tingginya angka konsumsi masyarakat terhadap gula menandakan bahwa gula sangat dibutuhkan dalam berbagai aspek kehidupan. Kementerian Perindustrian memperkirakan kebutuhan gula nasional pada 2017 mencapai 5,7 juta ton. Jumlah tersebut terdiri dari gula industri sebesar 2,8 juta ton dan gula konsumsi rumah tangga 2,9 juta ton. Tumbuhnya industri makanan dan minuman membuat permintaan gula industri akan terus meningkat (Kementerian Perindustrian, 2017).

Salah satu produk gula yang sering dijumpai adalah gula kelapa. Gula ini biasanya disebut juga sebagai gula merah atau gula jawa. Kebanyakan pabrik pengolahan gula kelapa menggunakan metode tradisional, tidak seperti pengolahan gula pasir tebu yang sudah diolah oleh pabrik-pabrik modern. Gula ini memiliki ciri khas yang berbeda dari gula tebu atau gula aren, khususnya warna dan aroma yang dihasilkan.

Gula kelapa berasal dari nira tumbuhan kelapa. Nira merupakan cairan bening yang terdapat dalam tandan bunga kelapa yang belum terbuka (Dyanti, 2002) dengan cara menyayat bagian ujungnya sehingga dari luka tersebut keluar cairan bening yang memiliki rasa manis, sedangkan menurut Suhardiyono (1998) nira merupakan cairan manis yang terdapat di dalam bunga tanaman aren, kelapa, dan lontar yang pucuknya belum terbuka. Nira juga diperoleh dari batang tanaman seperti tebu, bit, sorgum, maple, atau getah tandan bunga dari keluarga palma

seperti aren, kelapa, kurma, nipah, sagu, siwalan dan sebagainya (Barahuddin dkk, 2007).

Nira kelapa merupakan hasil tanaman kelapa yang didapat dari penyadapan terhadap bagian tertentu pada pohon kelapa yaitu pada bagian mayang bunga kelapa yang masih kuncup ataupun cukup umur. Nira dapat dijadikan bahan baku pembuatan gula kelapa yang lebih disukai daripada gula tebu karena mempunyai rasa yang khas (Atjung, 1991). Secara teknis pohon kelapa dapat disadap setelah mulai berbunga. Kesuburan tanaman kelapa yang disadap berhubungan dengan banyaknya jumlah tandan bunga kelapa (mayang) yang dapat disadap dan jumlah nira yang dihasilkan dari setiap tandan (Rahmat, 1991). Setiap mayang dapat menghasilkan 2-4 liter nira per pohon per hari (Supomo dalam Ta'lin, 2013).

Kualitas nira kelapa yang digunakan akan menentukan kualitas gula kelapa yang dihasilkan. Nira kelapa yang digunakan untuk membuat gula harus memiliki mutu baik. Nira yang masih segar memiliki ciri yaitu jernih, tidak berwarna, dan sangat manis (Suhardiyono, 1998). Pengolahan nira untuk menghasilkan gula kelapa yang sesuai Standar Nasional Indonesia (SNI) harus memiliki syarat antara lain tidak menggunakan bahan kimia sintetis, pH Nira antara 6-7, warna jernih, aroma khas nira dan tidak tercampur dengan air, memiliki kadar sukrosa yang tinggi sebesar 12,30 % - 17,40 % (Anonim dalam Pradnyana dkk, 2014).

Kandungan sukrosa dalam nira kelapa yang besar menyebabkan pertumbuhan mikroorganisme seperti *S. cerevisiae*, *L. mesenteroides*, dan *L. Plantarum* yang sangat cepat apabila nira dibiarkan begitu saja di udara terbuka. Hal ini disebabkan sifat mikroorganisme yang berkembang cepat pada suhu tinggi dan pH semakin turun sehingga nira mengalami fermentasi. Nira yang berfermentasi akan menjadi basi, kecut, dan menghasilkan gula kelapa yang lengket (Kusumanto dalam Mussa, 2014). Pengawetan nira selama proses penyadapan dapat dilakukan menggunakan pengawet alami atau buatan, hal ini dilakukan untuk menghambat pertumbuhan bakteri pada nira kelapa.

Komposisi kimia nira dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain aksesori tanaman, umur tanaman, keadaan tanah, iklim, pemupukan dan pengairan (Goutara dan Wijandi dalam Muzaifa dkk, 2012). Menurut Aristya dkk (2013),

tanaman kelapa yang lebih muda produksi niranya lebih tinggi dari tanaman yang tua. Selain itu, umur pohon kelapa juga menentukan nira yang dihasilkan, pohon yang lebih muda akan menghasilkan nira lebih banyak daripada pohon yang lebih tua (Soedijanto dan Sianipar dalam Hermawan, 2009).

Sejauh ini penelitian mengenai nira lebih sering ditemukan pada nira aren dan tebu dibandingkan nira kelapa. Penelitian yang dilakukan oleh Setyawan dan Ninsix (2016) mengenai pengawetan nira menggunakan bahan pengawet. Bahan pengawet yang digunakan adalah kapur sirih, bubuk teh, kulit kayu bakar. Penelitian ini menunjukkan kadar sukrosa nira yang dihasilkan berbeda pada masing-masing pengawet. Perubahan pH dan kadar sukrosa paling stabil selama proses penyimpanan terjadi pada pengawetan menggunakan kapur sirih.

Pengukuran tingkat keasaman (pH) menjadi salah satu faktor penting dalam menentukan kualitas nira. Nira yang baik memiliki pH sekitar 6-7. Nira yang jelek pH-nya <6,0, dan bila digunakan mutu gulanya akan ikut jelek (Nasution, 2009). Penelitian kadar sukrosa cukup penting dilakukan mengingat sukrosa adalah zat padat terbesar yang berkisar antara 12%-17,40% yang terkandung pada nira kelapa (Gautara dan Soesarsono dalam Mataliuk, 2016). Pengukuran kadar sukrosa pada nira dilakukan oleh Pradnyana dkk (2014) menggunakan metode Luff Schoorl. Pengambilan sampel nira aren dan kelapa dilakukan di Denpasar secara acak dan diukur berdasarkan pada reaksi monosakarida dan larutan *cupper*. Hasil penelitian ini menunjukkan kadar sukrosa nira kelapa dan aren yang diuji sebesar 10.07% dan 8.12% Hasil tersebut berada dibawah standar mutu nira sesuai SNI yang telah ditetapkan.

Pengukuran kadar gula (sukrosa) nira juga dilakukan oleh Mutmainah dkk (2015), namun penelitian ini dilakukan menggunakan nira tebu dari berbagai wilayah di Jawa Timur. Pada penelitian “Perancangan Aplikasi Pengukuran Kadar Gula (Sukrosa) Nira Tebu dengan Sistem Polariser Dilanjutkan dengan Menggunakan Sistem Interferometer Michelson Presisi Tinggi” ini menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi nira akan menghasilkan sudut polariser dan indeks bias (n) yang semakin meningkat pula. Dapat disimpulkan bahwa semakin

tinggi konsentrasi larutan atau semakin murni nira, maka kandungan sukrosanya semakin besar.

Berdasarkan uraian diatas, perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai nira kelapa, salah satunya mengenai pengaruh umur tanam terhadap jumlah produksi (volume) dan kadar sukrosa nira kelapa yang dihasilkan. Penelitian yang akan dilakukan mengukur jumlah produksi nira yang dihasilkan satu tandan setiap penyadapan berdasarkan perbedaan umur tanaman dan mengukur kadar sukrosa pada nira yang dihasilkan sebagai syarat utama penentu kualitas nira yang akan diolah menjadi produk gula kelapa. Selain itu pengukuran pH dilakukan untuk melengkapi data sehingga dapat dianalisis pengaruh pengawet yang diberikan pada nira.

Pada penelitian ini, tanaman kelapa yang disadap adalah kelapa dari kebun milik warga Desa Karanganom, Panti-Jember. Sentra gula merah dari nira kelapa tersebut dikelola langsung oleh pemilik kebun yang bernama Pak Mok mulai proses penyadapan nira hingga pengolahan gula merah kelapa. Di daerah Panti sangat mudah ditemukan tanaman kelapa, terlebih di daerah persawahan karena tanaman kelapa digunakan sebagai pagar pembatas satu sawah dengan lainnya. Namun demikian, masih sedikit warga yang memanfaatkan tanaman kelapa untuk diolah menjadi gula kelapa. Kebanyakan warga mengolah sawah untuk bercocok tanam padi, sedangkan tanaman kelapa yang dijadikan batas antar sawah dibiarkan begitu saja. Beberapa pohon disewakan untuk diambil buah matang dan nira kelapanya. Sentra gula merah kelapa milik Pak Mok mengolah nira dari 35 tanaman kelapa (20 pohon hasil sewa lahan) yang disadap pada pagi dan sore hari secara kontinu setiap hari. Hasil produksi gula merah kelapa ini sebagian diberikan kepada pemilik lahan yang disewa dan sisanya dipasarkan ke warung-warung atau pasar tradisional sekitar Panti. Alasan penelitian menggunakan nira milik Pak Mok ini karena daerah Panti memiliki jarak terdekat dari lokasi penelitian yaitu Laboratorium Fisika Modern Universitas Jember. Semakin cepat jarak yang ditempuh akan menghasilkan sampel nira kelapa yang semakin segar sejak disadap dari pohon kelapa. Semakin segar nira yang digunakan menjadikan hasil pengukuran sampel menjadi semakin akurat karena nira dalam kondisi yang

baik. Penelitian ini dilakukan mengukur jumlah produksi (volume) nira yang dihasilkan per hari, mengukur pH nira setelah nira disadap dan menghitung kadar sukrosa yang terkandung sehingga dapat dianalisis kualitas nira yang digunakan untuk membuat gula merah termasuk nira bermutu rendah atau baik. Dari hasil penelitian ini dapat diketahui umur tanaman kelapa yang efektif untuk disadap niranya dan dianalisis berdasarkan jumlah produksi (volume) dan kadar kandungan sukrosanya yang merupakan komponen terpenting penentu kualitas nira kelapa.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang diatas, dapat ditentukan permasalahan yaitu bagaimana hasil produksi (volume) dan kadar sukrosa nira pada berbagai umur tanaman kelapa ?

## **1.3 Batasan Masalah**

Beberapa batasan dalam penelitian ini antara lain :

1. Tanaman kelapa milik Pak Mok dipilih empat pohon secara acak sebagai sampel penelitian. Masing-masing pohon disadap tiga tandan muda (mayang) kelapa, sehingga ada 12 sampel nira yang akan diuji.
2. Hasil sadapan nira diawetkan menggunakan air kapur sebanyak 1 sdm dan 1 sdm air dalam setiap bumbung untuk menghambat fermentasi terjadi.
3. Data primer umur tanaman kelapa didapat dari pengukuran dengan metode filotaksis. Penghitungan bekas potongan pelepah daun dilakukan oleh pemilik kebun.
4. Suhu diupayakan stabil saat melakukan pengukuran dengan cara melakukan pengambilan data pada waktu yang sama.
5. Konsentrasi sukrosa standart dan nira kelapa divariasikan 2%-12%.

#### **1.4 Tujuan**

Berdasarkan rumusan masalah diatas, tujuan yang ingin dicapai pada penelitian ini yaitu mengetahui jumlah produksi (volume) dan kadar sukrosa nira pada berbagai umur tanaman kelapa.

#### **1.5 Manfaat**

Manfaat penelitian ini diharapkan menjadi bahan referensi tambahan penelitian nira kelapa khususnya pengaruh umur tanaman kelapa terhadap jumlah produksi dan kadar gula (sukrosa) nira kelapa sebagai syarat utama penentu kualitas. Hasil dari penelitian ini dapat digunakan sebagai pertimbangan agar kualitas dan kuantitas gula kelapa di sentra gula merah milik Pak Mok dari Desa Panti dapat berkembang dengan bantuan informasi dari hasil penelitian berupa kualitas nira yang digunakan berdasarkan kadar sukrosa yang terkandung. Dari hasil penelitian ini dapat diketahui karakteristik dan umur tanaman kelapa yang lebih bagus disadap sebagai bahan baku gula merah kelapa. Diharapkan hasil penelitian ini dapat meningkatkan keinginan masyarakat Desa Panti lainnya untuk membuka usaha produksi gula merah kelapa melihat cukup tersedianya bahan baku nira kelapa. Selain itu, penelitian ini diharapkan menjadi acuan untuk dilakukannya penelitian yang lebih detail seperti analisis kandungan nira kelapa dan pengaruh faktor alam lainnya.

## BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Gula

Gula merupakan komoditas penting yang menjadi salah satu indikator ketahanan pangan nasional. Kebutuhan konsumsi gula di Indonesia terus meningkat. Pada tahun 2012 tingkat konsumsi gula di Indonesia mencapai 5,3 juta ton, namun peningkatan konsumsi gula nasional tidak diimbangi dengan peningkatan produktivitas produksi gula nasional. Sementara itu, pada tahun 2012 produksi gula nasional hanya mencapai 2.601 juta ton (Bappenas, 2014).

Tabel 2.1 Konsumsi, produksi, dan defisit gula nasional tahun 2008/2012

Tahun	Konsumsi (ributon)	Produksi (ribu ton)	Defisit	
			(Ribu ton)	Presentase (%)
2008	3.521	2.668	853	31,96
2009	4.302	2.517	1.785	70,93
2010	4.091	2.290	1.801	78,66
2011	4.503	2.228	2.275	102,11
2012	5.335	2.601	2.734	105,11

(Sumber : Bappenas,2014)

Gula adalah suatu karbohidrat sederhana yang menjadi sumber energi dan komoditi perdagangan utama. Gula paling banyak diperdagangkan dalam bentuk kristal sukrosa padat. Gula digunakan untuk mengubah rasa menjadi manis pada makanan atau minuman. Gula sederhana, seperti glukosa (yang diproduksi dari sukrosa dengan enzim atau hidrolisis asam), menyimpan energi yang akan digunakan oleh sel. Ada berbagai macam produk gula yang dapat kita jumpai di kalangan masyarakat. Setiap produk gula memiliki ciri-ciri, khasiat, dan cara pembuatan yang berbeda. Menurut Darwin (2013), gula terbagi beberapa jenis, seperti di bawah ini:

a. Gula Pasir

Ini adalah jenis gula yang paling mudah dijumpai, digunakan sehari-hari untuk pemanis makanan dan minuman. Gula pasir berasal dari cairan sari tebu.

b. Gula Pasir Kasar (*Crystallized Sugar*)

Gula jenis ini memiliki tekstur yang lebih besar dan kasar dari gula pasir pada umumnya. Gula jenis ini sering digunakan sebagai bahan taburan karena tidak meleleh saat dioven.

c. Gula Balok atau Gula Dadu

Gula balok terbuat dari sari tebu. Bentuknya menyerupai balok dadu dengan warna putih bersih. Biasanya gula jenis ini digunakan sebagai campuran minuman kopi atau teh.

d. Gula Icing atau Icing *Sugar* atau *Confection Sugar*

Tipe gula ini memiliki tektur terhalus dalam jenis gula putih. Icing sugar merupakan campuran dari gula pasir yang digiling hingga halus sehingga terbentuk tepung gula dan ditambahkan tepung maizena agar tidak mudah menggumpal.

e. Gula Batu

Gula batu diperoleh dari pengolahan gula pasir biasa agar mudah larut. Bentuknya merupakan bongkahan gula menyerupai batu berwarna putih, dimana tingkat kemanisan gula batu lebih rendah dibanding gula pasir, hampir 1/3 dari gula pasir.

f. *Brown Sugar*

Brown sugar terbuat dari tetes tebu, namun dalam proses pembuatannya dicampur dengan molase sehingga menghasilkan gula berwarna kecoklatan.

g. Gula Merah/Gula Kelapa

Gula merah terbuat dari air sadapan bunga pohon kelapa atau air nira kelapa, sering juga disebut dengan gula jawa. Teksturnya berupa bongkahan berbentuk silinder dan berwarna coklat. Biasanya digunakan dalam bahan pemanis makanan dan minuman dengan cara diiris tipis.

h. Gula Aren

Bentuk, tekstur, warna dan rasanya mirip dengan gula merah, yang membedakan hanya bahan bakunya. Gula aren terbuat dari air nira yang disadap pohon aren, tanaman dari keluarga palem.

## 2.2 Gula Kelapa

### 2.2.1 Pengertian Gula Kelapa

Gula kelapa merupakan jenis gula yang dihasilkan/diperoleh melalui penyadapan nira pohon kelapa (bunga kelapa) yang belum mekar setelah melalui pengurangan kadar air dengan cara pemasakan dan pencetakan dalam bentuk padat. Gula kelapa atau dalam nama perdagangan dikenal sebagai gula jawa atau gula merah biasanya dijual dalam bentuk setengah mangkok atau setengah elips (Zuliandi, 2014). Gula kelapa juga sering kali diproduksi dalam jenis bubuk dan cair. Gula kelapa dalam bentuk bubuk ini dikenal sebagai gula semut, sedangkan dalam bentuk cair sering disebut gula merah cair.

Gula kelapa merupakan produk yang cukup potensial untuk dipasarkan di dalam Negeri maupun diekspor. Eksistensi, fungsi dan penggunaan gula kelapa belum dapat tergantikan oleh jenis gula lainnya. Hal ini karena gula merah kelapa khususnya, memiliki ciri khas khusus yang membentuk karakteristik mutu meliputi aroma, warna dan rasa yang berbeda dibandingkan jenis gula lainnya (Rachmat, 1991).

### 2.2.2 Tingkat Konsumsi Gula Kelapa

Permintaan gula kelapa terus meningkat seiring dengan berkembangnya industri pangan yang menggunakan gula kelapa. Dalam industri pangan, gula kelapa dipakai sebagai bahan pembuatan kecap, pembuatan kue, roti dan lain-lain. Gula kelapa juga menjadi salah satu alternatif komoditi ekspor ke Singapura, Jepang, Korea, Belanda, Jerman, Timur Tengah dan USA (Deptan, 2014).

Untuk mengurangi ketergantungan akan gula impor maka dibutuhkan komoditas alternatif sebagai barang pengganti. Gula kelapa (palm sugar) menjadi komoditas pengganti gula pasir yang mempunyai potensi besar untuk dikembangkan di Indonesia. Selain memiliki iklim yang cocok untuk tanaman kelapa, Indonesia juga memiliki sumber daya manusia yang terampil dalam pengolahan gula kelapa (Jati dkk, 2015).

Menurut Dewan Gula Indonesia dalam Rachmat (1991), menyatakan bahwa dari produksi gula merah di Indonesia 53% dari gula kelapa, 26% gula merah dari

tebu, 18% gula merah dari aren, dan 3% sisanya dari bahan lain seperti siwalan dan lain-lain. Rahatmawati dalam Zuliandi (2014) juga menambahkan produksi dari gula aren dan siwalan diperkirakan akan semakin menurun karena jumlah pohon yang terus menurun serta usia tanaman yang semakin tua. Selain itu, untuk gula merah dari tebu juga terkendala dalam memperoleh bahan baku serta terbatasnya kapasitas olahan. Dengan demikian peluang bagi gula merah yang dihasilkan dari gula kelapa guna memenuhi kebutuhan pemanis nasional cukup besar.

Dilansir dari laman web Kementerian Perindustrian, industri gula semut atau gula merah bubuk di dalam negeri mampu menghasilkan produk yang diminati pasar internasional. Hal ini dibuktikan dari permintaan ekspor gula semut yang terus meningkat, pada tahun 2014 tercatat senilai USD34,7 ribu menjadi USD 48 ribu pada 2017 atau naik sekitar 27%.

### 2.2.3 Mutu dan Komposisi Gula Kelapa

Syarat mutu gula kelapa yang boleh beredar di pasaran diatur oleh Badan Standar Nasional Indonesia dapat dilihat pada tabel 2.2 dan 2.3 berikut :

Tabel 2.2 Syarat mutu gula merah kelapa (SNI 01-3743-1995)

Keadaan	Satuan	Persyaratan (%)
Bentuk		Normal
Bau		Normal
Rasa		Normal dan Khas
Warna		Kuning Kecoklatan
Bagian yang tidak larut dalam air	% bb	Maks 1,0
Air	% bb	Maks 10,0
Abu	% bb	Maks 2,0
Gula reduksi	% bb	Maks 10,0
Sukrosa	% bb	Minimal 77,0

(Sumber : Badan Standarisasi Nasional,1995)

Tabel 2.3 Syarat mutu gula semut SNI (SII 0268-85)

Komponen	Kadar
Gula (jumlah sukrosa dan gula reduksi)(%)	Minimal 80,0
Sukrosa (%)	Minimal 75,0
Gula reduksi (%)	Maksimal 6,0
Air (%)	Maksimal 3,0
Abu (%)	Maksimal 2,0
Bagian – bagian tak larut air (%)	Maksimal 2,0
Zat warna	Yang diijinkan
Logam – logam berbahaya	Negatif
Pati	Negatif
Bentuk	Kristal atau serbuk

(Sumber : Badan Standarisasi Nasional,1995)

Gula kelapa dapat menjadi salah satu rekomendasi gula yang baik dari sisi kesehatan bagi penderita diabetes. Hal ini disebabkan karena kandungan gula dalam gula kelapa lebih rendah dibandingkan dengan jenis gula lain seperti gula pasir dan gula aren. Berikut disajikan perbedaan antar gula kelapa dengan gula jenis lain pada tabel dibawah ini :

Tabel 2.4 Perbedaan gula putih dan gula kelapa

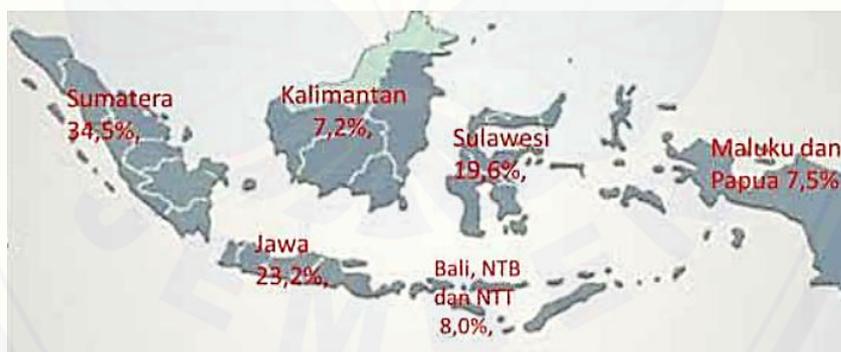
No	Gula Pasir	Gula Kelapa
1	Rasa : manis saja	Rasa : manis dan lezat
2	Tidak mengandung garam mineral	Mengandung garam mineral
3	Kandungan gula tinggi	Kandungan gula jauh lebih kecil
4	Kurang/tidak mengandung nutrisi	Mengandung Thiamine, Riboflavin, Nicotinic Acid, Ascorbic Acid, Protein dan Vitamin C
5	Kurang mengandung unsur terapi kesehatan	Untuk terapi asma/ kurang darah/anemia, lepra/kusta
6	Dapat memicu batuk dan demam bila mengkonsumsi berlebihan	Bagus untuk mengobati batuk
7	Terkadang gula tebu dapat membuat efek sakit dalam kesehatan	Bagus untuk makanan awal bagi orang yang terkena penyakit thypus
8	Tidak ada khasiat untuk kesehatan	Sangat baik untuk orang yang ingin menurunkan berat badan, mengurangi panas pankreas, menguatkan jantung
9	Sebagai pemanis saja	Mempunyai khasiat seperti madu

(Sumber : Hermawan,2009)

### 2.3 Tanaman Kelapa

Kelapa merupakan tumbuhan asli daerah tropis, yakni daerah yang terletak di sepanjang garis katulistiwa. Di daerah-daerah tropis tersebut, tanaman kelapa banyak tumbuh dan dibudidayakan oleh sebagian besar petani. Di Indonesia, banyak ditemukan hampir seluruh provinsi, dari daerah pantai yang datar sampai ke daerah pegunungan yang agak tinggi. Di daerah yang padat penduduknya, misalnya di Jawa dan Bali, tanaman kelapa lebih banyak ditanam di tanah tegalan atau tanah perkarangan, sedangkan di daerah yang jarang penduduknya, misalnya di daerah transmigrasi, tanaman kelapa banyak ditanam di lahan yang luas yang berpola monokultur perkebunan kelapa (Warisno, 2003).

Kelapa merupakan tanaman perkebunan dengan areal terluas di Indonesia, lebih luas dibanding karet dan kelapa sawit, dan menempati urutan teratas untuk tanaman budi daya setelah padi. Kelapa menempati areal seluas 3,70 juta hektar atau 26% dari 14,20 juta hektar total areal perkebunan. Sekitar 96,60% pertanaman kelapa dikelola oleh petani dengan rata-rata kepemilikan 1 hektar/KK, dan sebagian besar diusahakan secara monokultur (97 %), kebun campuran atau sebagai tanaman pekarangan (ILO, 2014).



Gambar 2.1 Persebaran produksi kelapa di Indonesia  
(Sumber: ILO, 2014)

Kelapa (*cocos nucifera* L) merupakan salah satu anggota keluarga palmae yang dikenal sebagai tanaman serba guna karena seluruh bagian tanaman ini bermanfaat bagi kehidupan manusia (Suardjono dalam Setyawan dan Ninsix, 2016). Klasifikasi kelapa menurut taksonomi adalah sebagai berikut:

Kingdom : *Plantae* (Tumbuhan)  
Subkingdom : *Tracheobionta* (Tumbuhan berpembuluh)  
Super Divisi : *Spermatophyta* (Menghasilkan biji)  
Divisi : *Magnoliophyta* (Tumbuhanberbunga)  
Kelas : *Liliopsida* (Berkeping satu / monokotil)  
Sub Kelas : *Arecidae*  
Ordo : *Arecales*  
Famili : *Areaceae* (suku pinang-pinangan)  
Genus : *Cocos*  
Spesies : *Cocos nucifera* L



Gambar 2.2 Tanaman kelapa  
(Sumber : Warisno, 2003)

Alasan utama yang membuat kelapa menjadi komoditi komersial adalah karena semua bagian kelapa dapat dimanfaatkan untuk berbagai keperluan. Daun muda dipergunakan sebagai pembungkus ketupat dan sebagai bahan baku obat tradisional, sedangkan daun tua dapat dianyam dan dipergunakan sebagai atap. Batang kelapa dapat digunakan sebagai bahan baku perabotan atau bahan bangunan dan jembatan darurat. Akar dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan bir atau bahan baku pembuatan zat warna. Airnya untuk minuman segar atau dapat diproses lebih lanjut menjadi *nata de coco*, atau kecap. Daging buahnya dapat langsung dikonsumsi atau sebagai bahan bumbu berbagai masakan

atau diproses menjadi santan kelapa, kelapa parutan kering (*desicated coconut*), dan minyak goreng. Cairan nira kelapa dapat diproses menjadi gula kelapa (ILO, 2014).

Secara teknis pohon kelapa dapat disadap setelah mulai berbunga. Umumnya petani memilih tanaman yang cukup subur untuk disadap, hal ini berhubungan dengan banyaknya jumlah tandan bunga kelapa (manggar) yang dapat disadap dan jumlah nira yang diharapkan dari setiap tandan bunga (Rachmat, 1991). Kelapa umumnya berbunga pertama berkisar 6 – 10 tahun setelah tanam dan umur tanaman dapat mencapai 80 – 90 tahun (Wahyudi, 2016), sedangkan Septiawan (2014) menyatakan bahwa kelapa memiliki umur mulai berbuah pertama kali yaitu sekitar 6-8 tahun. Umur tanaman dapat mencapai 100 tahun atau lebih, dengan umur produktif 50 tahun atau lebih. Setelah usia produktif tersebut berakhir maka tanaman kelapa tidak akan produktif untuk menghasilkan nira dan buah.

Tanaman kelapa mengeluarkan rata-rata 12 pelepah daun dalam satu tahun setelah pangkal batang terbentuk. Setiap satu pohon kelapa biasanya terdapat 1-3 mayang yang disadap, dengan lama penyadapan per mayang sekitar 25-35 hari tergantung dari kondisi panjang pendeknya mayang yang ada di pohon kelapa tersebut. Pohon kelapa tersebut masuk dalam kriteria pohon kelapa yang baik untuk disadap (Makhrusin, 2015).

Berikut adalah uraian mengenai morfologi tanaman kelapa :

- a. Akar serabut, jumlah 2.000–4.000 helai/pohon, kebanyakan berada di permukaan tanah bisa mencapai 15 meter sebagian masuk ke dalam tanah sampai 3,5 meter.
- b. Pohon kelapa hanya mempunyai satu titik tumbuh pada ujung batangnya, sehingga batang tumbuhnya tegak lurus selalu mengarah keatas dan tidak bercabang. Batang akan terlihat jelas kalau pohon telah berumur 3–4 tahun. Cepat atau lambatnya pertumbuhan batang dapat dilihat dari tapak bekas-bekas pangkal pelepah daun. Umur dapat mencapai ratusan tahun lebih apabila dirawat dengan baik.

- c. Daun, tersusun secara majemuk, menyirip sejajar tunggal, pelepah pada ibu tangkai daun pendek, duduk pada batang, warna daun hijau kekuningan. Tanaman dewasa mempunyai 30 sampai 35 daun dengan panjang sekitar 6 meter ( Anonim dalam Yonandra, 2012).
- d. Bunga, dibungkus oleh selaput upih yang keluar dari sela-sela pelepah daun. Bunga jantan dan betina terdapat dalam satu bunga. Bunga tersusun dalam karangan bunga yang disebut mayang atau manggar yang berturut-turut tumbuh keluar dari ketiak daun. Tiga sampai empat minggu setelah manggar terbuka, bunga betina telah dibuahi dan mulai tumbuh menjadi buah.
- e. Buah, pertumbuhannya melalui tiga fase. Selama 4-6 bulan, embrio akan membesar diikuti tempurung dan sabut kelapa yang membesar tapi lunak. Fase kedua selama 2-3 bulan tempurung akan berangsur-angsur mengeras. Pada fase ketiga, bagian pangkal buah menuju ujung, warna tempurung berubah menjadi coklat kehitaman dan keras (Rukmana dkk, 2004).

Kelapa termasuk tanaman monokotil sehingga tidak terjadi pertumbuhan (pertumbuhan sekunder) pada bagian batangnya. Luka-luka yang terjadi pada batang tidak dapat pulih kembali karena pohon tidak membentuk kalus (callus). Pada batang kelapa terdapat bekas melekatnya daun yang disebut ruas. Jarak antara dua ruas tidak sama tergantung pada kecepatan tumbuhnya. Jarak yang panjang menunjukkan pertumbuhan yang lebih cepat dibanding dengan yang jarak lebih pendek. Cepat lambatnya pertumbuhan pohon dapat dilihat pada letak bekas-bekas pangkal pelepah daun pada batang. Rata-rata dalam satu tahun terbentuk 12 lembar daun. Bekas-bekas pelepah pada pangkal batang umumnya jarang-jarang, tetapi menuju ke ujung makin rapat. Umur tanaman dapat diketahui dengan menghitung bekas-bekas pelepah pada batang (Mardiatmoko dan Ariyanti, 2018).

Untuk wilayah Jember sendiri, produksi kelapa paling tinggi terdapat di Kecamatan Wuluhan yakni sebesar 11.402,52 ton. Potensi tanaman kelapa di Kabupaten Jember dimanfaatkan mayoritas warga sebagai penghasil gula kelapa dengan produksi yang relatif kecil. Bagi masyarakat penghasil gula kelapa khususnya gula merah, usaha ini banyak dijadikan mata pencaharian utama,

dengan kontribusi sebesar 60% dari total pendapatan keluarga (Anonim dalam Putri dkk, 2018).

Tabel 2.5 Luas panen, produksi dan produktivitas perkebunan kelapa berdasarkan kecamatan di Kabupaten Jember Tahun 2014

No	Kecamatan	Luas area (Ha)	Produksi (kw)	Produktivitas (kw/ha)
1	Kencong	467,67	3686,18	7,95
2	Gumukmas	420,86	3316,36	7,88
3	Puger	792,33	6616,10	8,35
4	Wuluhan	940,84	7771,37	8,26
5	Ambulu	702,78	5938,47	8,45
6	Tempurejo	298,80	2318,69	7,76
7	Silo	231,70	1888,35	8,15
8	Mayang	318,54	2468,71	7,75
9	Mumbulsari	353,91	2802,95	7,92
10	Jenggawah	549,76	4101,17	7,46
11	Ajung	65,76	468,21	7,12
12	Rambipuji	422,10	3478,08	8,24
13	Balung	340,13	2503,34	7,36
14	Umbulsari	418,49	3167,95	7,57
15	Semboro	75,36	516,97	6,68
16	Jombang	123,40	869,97	7,05
17	Sumberbaru	288,49	2244,42	7,78
18	Tanggul	170,58	1252,03	7,34
19	Bangsalsari	316,60	2403,01	7,59
20	Panti	116,42	873,17	7,50
21	Sukorambi	131,39	885,57	6,74
22	Arjasa	139,65	1020,87	7,31
23	Pakusari	65,44	484,27	7,40
24	Kalisat	256,24	1921,82	7,50
25	Ledokombo	308,19	2388,45	7,75
26	Sumberjambe	109,46	890,97	8,14
27	Sukowono	167,75	1306,80	7,79
28	Jelbuk	151,90	1139,22	7,50
29	Kaliwates	49,23	350,03	7,11
30	Sumbersari	19,35	132,52	6,85
31	Patrang	202,03	1519,28	7,52
	Jumlah	9011,15	70725,20	7,85

(Sumber: Badan Pusat Statistik Jember,2005)

Di daerah Panti tepatnya Desa Karanganom, terdapat sentra gula merah kelapa berskala rumah tangga yang dikelola oleh Pak Mok. Pak Mok setiap hari menyadap nira kelapa dari tanaman kelapa yang dimilikinya. Penyadapan dilakukan sebanyak dua kali yaitu pagi dan sore hari. Tanaman kelapa yang disadap sebanyak 35 pohon dimana 15 pohon adalah milik pribadi dan 20 sisanya hasil sewa pohon milik tetangga. Hasil nira yang disadap diolah langsung menjadi gula merah kelapa dan dipasarkan di pasar tradisional sekitar Panti. Meskipun tidak banyak pengrajin gula merah kelapa di daerah Karanganom tersebut, menjadi penghasil gula merah kelapa menjadi mata pencaharian utama Pak Mok selama bertahun-tahun sampai saat ini.

## 2.4 Nira Kelapa

### 2.4.1 Pengertian Nira

Berikut pengertian nira menurut beberapa sumber referensi :

- a. Dyanti (2002) menjelaskan nira merupakan cairan bening yang terdapat dalam tandan bunga kelapa yang belum terbuka, dengan cara menyayat bagian ujungnya sehingga dari luka tersebut keluar cairan bening yang memiliki rasa manis.
- b. Muchtadi dan Sugiyono (1992) menjelaskan nira kelapa adalah cairan bening yang keluar dari bunga kelapa yang pucuknya belum membuka, cairan ini merupakan bahan baku untuk pembuatan gula jawa atau gula merah.
- c. Setyamidjaja dalam Karseno (2013) mengatakan bahwa nira kelapa adalah cairan manis yang diperoleh dengan melakukan perlakuan khusus terhadap mayang kelapa yang belum membuka pada umur tertentu.
- d. Palungkun (2003) menyatakan bahwa nira adalah cairan yang disadap dari mayang (bunga kelapa) yang berumur satu bulan atau belum mekar.

### 2.4.2 Komposisi dan Mutu Nira Kelapa

Dalam pengolahannya sebagai bahan baku gula, komposisi kimia yang terpenting dari nira adalah kadar gula dan derajat keasamannya (Muzaifa dkk, 2012). Mutu nira yang akan digunakan untuk gula harus memiliki kualitas yang baik. Nira yang kurang baik akan mudah menjadi basi, aroma dan rasanya kecut, dan akan menghasilkan gula kelapa yang mudah lengket. Nira yang berkualitas baik dan masih segar mempunyai rasa manis, berbau harum, tidak berwarna, derajat keasamaan (pH) berkisar 6-7 (Kusumanto dalam Mussa, 2014).

Kualitas nira kelapa merupakan faktor penting dalam menentukan kualitas gula kelapa yang dihasilkan. Pertumbuhan mikroorganisme dapat merusak kualitas nira kelapa. Proses hidrolisis sukrosa menjadi gula reduksi oleh mikroorganisme di dalam nira dapat mempengaruhi proses pencetakan gula kelapa. Hal ini dikarenakan gula reduksi memiliki sifat kelarutan yang tinggi sehingga menyebabkan gula tidak dapat mengkristal dan sulit dicetak. Salah satu

cara untuk menjaga kualitas nira kelapa yaitu dengan mencegah terjadinya proses kerusakan yang disebabkan oleh mikroorganisme (Karseno dan Herminanto, 2016).

Pengolahan nira untuk menghasilkan gula kelapa yang sesuai Standar Nasional Indonesia (SNI) harus memiliki syarat antara lain tidak menggunakan bahan kimia sintetis, pH Nira antara 6-7, warna jernih, aroma khas nira dan tidak tercampur dengan air, memiliki kadar sukrosa yang tinggi sebesar 12,30 % - 17,40 % (Anonim dalam Pradnyana dkk, 2014). Menurut Astuti (2013) nira kelapa terdiri dari sukrosa (13-17%), protein (0,02-0,03%), air (75-90%,) dan lainnya adalah bahan organik seperti karbohidrat, asam amino, dan garam mineral. Selain itu, komposisi nira kelapa segar juga dijelaskan oleh Santoso (1993) dalam tabel 2.6.

Tabel 2.6 Komposisi nira kelapa segar pada (g/100ml)

No	Komposisi Bahan	Kadar(%)
1	Total Padatan	15,20 – 19,70
2	Sukrosa	12,30 – 17,40
3	Abu	0,11 – 0,41
4	Protein	0,23 – 0,32
5	Vitamin C	16,00 – 30,00

(Sumber : Santoso, 1993)

#### 2.4.3 Penyadapan dan Tingkat Produksi Nira

Hasil produksi nira yang diperoleh dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu keadaan iklim mempengaruhi banyaknya nira, dan penyadapan yang dilakukan dalam musim hujan akan menghasilkan nira yang lebih banyak daripada musim kemarau. Selain itu, umur pohon kelapa juga menentukan nira yang dihasilkan, pohon yang lebih muda akan menghasilkan nira lebih banyak daripada pohon yang lebih tua (Soedijanto dan Sianipar dalam Hermawan, 2009).

Hasil sadapan per pohon kelapa berbeda antara sadapan pagi dan sore. Sadapan sore yang dikumpulkan pagi hari umumnya lebih banyak dibandingkan sadapan pagi yang diambil sore hari. Variasi hasil sadapan juga tergantung dari kesuburan/kondisi tanaman dan berbeda antar musim. Hasil sadapan pada musim

kemarau umumnya lebih kental dan jernih dengan kandungan gula yang lebih tinggi (Rachmat, 1991).

Nira kelapa diperoleh dari penyadapan mayang bunga kelapa yang dilakukan pada pagi dan sore hari. Biasanya para pengrajin gula merah mampu memanjat 35-40 batang kelapa/hari dengan nira yang dihasilkan yaitu 0,5-2 liter/batang (Marsigit, 2005). Pohon kelapa menghasilkan nira 1-2 liter untuk setiap panen yaitu sore hari saja, sedangkan untuk pemanenan pagi hari berkisar 1,5-4 liter yang terdapat dalam mayang yang disadap (Dyanti,2002).

Menurut Issoesetiyo dan Sudarto (2001), proses penyadapan kelapa meliputi tahap-tahap berikut ini :

1. Pohon bisa disadap apabila telah menghasilkan dua atau tiga tandan bunga (mayang).
2. Bagian ujung mayang yang telah seminggu, diikat, diiris sedikit demi sedikit, kemudian diikat dilengkungkan kearah bawah, hasil irisan tersebut akan mengeluarkan tetesan nira yang dimasukkan dalam bumbung (wadah) yang diikat pada mayang tersebut. Mayang ini terus menghasilkan nira sampai kurang lebih 30 hari.
3. Bumbung (wadah) tersebut diisi dengan kapur sirih, penggunaan kapur sirih dimaksudkan agar nira tidak masam karena kapur sirih berfungsi untuk menghambat fermentasi nira yang disebabkan oleh mikroorganisme.
4. Penyadapan dilakukan 2 kali pagi dan sore hari, penyadapan pada pagi hari hasilnya diambil sore hari, sedangkan penyadapan sore hari diambil pagi.



Gambar 2.3 Penyadapan nira  
(Sumber : Najwa, 2017)

#### 2.4.4 Kerusakan dan Pengawetan Nira

Nira segar mudah sekali mengalami perubahan apabila berada di udara yang terbuka dan juga tidak mendapatkan perlakuan penambahan bahan pengawet. Selain itu kualitas gula yang dihasilkan dipengaruhi oleh kualitas nira (Hasbullah dalam Setyawan dan Ninsix, 2016). Adanya penundaan pemasakan ini dapat membuat kualitas nira kelapa yang menjadi bahan baku pembuatan gula kelapa secara otomatis menjadi rusak dan cenderung lebih sulit diolah menjadi gula kelapa. Nira kelapa yang tidak dapat diolah menjadi gula kelapa adalah nira yang sudah mengalami proses fermentasi selama 8 jam setelah proses pengambilan dari pohon kelapa (Febriyanti dkk dalam Kartika, 2017).

Menurut Eka dalam Karseno (2013), salah satu tanda kerusakan nira yaitu terjadinya penurunan nilai pH yang disebabkan adanya perombakan gula menjadi asam organik oleh mikroba seperti khamir (*Saccharomyces sp.*) dan bakteri (*Acetobacter sp.*). Mikroba yang paling dominan tumbuh di nira kelapa adalah *Saccharomyces cerevisiae* yang akan mengakibatkan adanya proses hidrolisis sukrosa menjadi glukosa dan fruktosa di dalam nira (Marsigit, 2005).

Menurut Kusumanto dalam Mussa (2014), beberapa bahan tradisional/alami yang dapat digunakan untuk menghambat terjadinya fermentasi pada nira yang ditampung dalam wadah penampungan seperti kulit buah manggis (*Garcinia mangostana*, L.), kulit buah langsung/ duku (*Lansium domesticum*), kayu angin (*Usnea dasypoga*), kayu/getah nangka (*Artocarpus heterophyllus*), sabut kelapa (*Cocos nucifera*), kawao (*Millettia Sericea*), kapur/gamping/enjet dan masih ada lainnya. Pengawet lain yang dapat digunakan adalah natrium metabisulfit dengan dosis 0,025-0,10 % atau natrium benzoat dengan dosis 0,05-0,20 %.

Menurut Naufalin dkk (2013), pembuatan larutan pengawet nira (laru) tidak memiliki standar konsentrasi pemberian yang tetap namun hanya berdasarkan daya perkiraan petani, sehingga hal itu menjadi salah satu penyebab ketidakstabilan kualitas nira. Semakin banyak pemberian pengawet alami pada nira akan menyebabkan warna gula kelapa semakin coklat karena pH nira semakin tinggi. Pendapat yang sama juga diutarakan oleh Reni dkk (2018) bahwa

kerusakan nira dapat dicegah dengan penambahan pengawet/laru yang jumlah penggunaannya masih berdasarkan daya perkiraan para petani.

## 2.5 Konsentrasi Larutan

Larutan adalah campuran yang bersifat homogen antara molekul, atom ataupun ion dari dua zat atau lebih dalam komposisi yang berbeda. Zat yang jumlahnya lebih sedikit di dalam larutan disebut zat terlarut, sedangkan zat yang jumlahnya lebih banyak dalam larutan disebut pelarut (Petrucci dan Styarini dalam Putri dkk, 2017). Sifat suatu larutan sangat dipengaruhi oleh susunan komposisinya. Untuk menyatakan komposisi larutan tersebut maka digunakan istilah konsentrasi. Konsentrasi larutan menunjukkan dengan jelas perbandingan banyaknya zat terlarut terhadap pelarut dalam larutan (Adha dalam Putri dkk, 2017). Berikut tiga jenis konsentrasi yang sering digunakan di bidang ilmu fisika :

### a. Persen Konsentrasi

Suatu konsentrasi larutan dapat dinyatakan sebagai persentasi zat terlarut dalam larutan. Ada beberapa cara untuk menyatakan konsentrasi larutan dalam persen yaitu persen masaa (% m), persen volume (% v), dan persen massa volume (% m/v). Pada penelitian ini besar konsentrasi dinyatakan dalam persen massa (% m). Persen massa menyatakan perbandingan massa zat terlarut dengan massa larutan dikalikan 100% seperti yang ditunjukkan pada persamaan 2.1.

$$\text{persen massa} = \frac{\text{massa zat terlarut}}{\text{massa zat terlarut} + \text{massa pelarut}} \times 100\% \quad (2.1)$$

### b. Part per million (ppm)

Untuk larutan yang sangat encer, maka jumlah zat terlarut terdapat dalam jumlah yang sangat kecil (renik), sehingga konsentrasi zat terlarut dalam larutan dinyatakan dalam bentuk ppm (parts per million) atau bpj (bagian per juta). Secara matematis nilai part per million dinyatakan pada persamaan 2.2.

$$\text{ppm} = \frac{\text{mg zat terlarut}}{\text{kg (zat terlarut} + \text{pelarut)}} = \frac{\text{g zat terlarut}}{\text{g (zat terlarut} + \text{pelarut)}} \quad (2.2)$$

(Syukri, 1999).

c. Persen bobot/volume atau % (b/v)

Persen bobot/volume merupakan satuan konsentrasi apabila zat terlarut dalam satuan bobot dilarutkan membentuk larutan yang diukur sebagai volumenya. Bila suatu larutan dinyatakan dalam % tanpa keterangan maka yang dimaksud adalah % (b/b). Jenis konsentrasi ini ditulis dalam persamaan 2.3.

$$(\% b/v) = \frac{\text{gram zat terlarut}}{\text{liter larutan}} \times 100\% \quad (2.3)$$

## 2.6 Tingkat Keasaman (pH)

Nilai pH adalah derajat keasaman yang digunakan untuk menyatakan tingkat keasaman atau kebasaan yang dimiliki oleh suatu larutan. Nilai pH didefinisikan sebagai aktifitas ion Hidrogen terlarut yang terdapat dalam suatu bahan pangan. Skala pH bukan merupakan skala yang absolut, skala pH bersifat relatif terhadap sekumpulan larutan. Standar pH suatu larutan biasanya ditentukan berdasarkan atas pertunjukan internasional (Anonim dalam Ihsanto dan Hidayat, 2014).

Nilai pH dapat diukur menggunakan alat pH meter. pH meter adalah sebuah alat elektronik yang digunakan untuk mengukur pH (kadar keasaman atau alkalinitas) ataupun basa dari suatu larutan (meskipun probe khusus terkadang digunakan untuk mengukur pH zat semi padat). pH meter yang biasa terdiri dari pengukuran probe pH (elektroda gelas) yang terhubung ke pengukuran pembacaan yang mengukur dan menampilkan pH yang terukur. Prinsip kerja dari alat ini yaitu semakin banyak elektron pada sampel maka akan semakin bernilai asam begitu pun sebaliknya, karena batang pada pH meter berisi larutan elektrolit lemah (Karastogianni dkk, 2016). Alat pH meter yang sering dijumpai adalah jenis analog dan digital.

Berikut langkah – langkah menggunakan pH meter digital untuk mengukur tingkat keasamaan suatu larutan :

1. Menyediakan larutan yang akan diuji keasamannya sesuai kebutuhan.
2. Mengukur pH larutan yang telah dikalibrasi sebelumnya pada suhu yang sama untuk melihat pHmeter sudah terkalibrasi atau tidak.

3. Membuka penutup elektroda pada alat pH, kemudian membersihkannya dengan tisu sampai kering.
4. Menghidupkan alat pH meter dengan menggeser atau menekan tombol ON,
5. Mencelupkan elektroda ke dalam cairan yang akan diukur tanpa melebihi batas rendam pada pH meter .
6. Menunggu beberapa saat sampai muncul angka besaran pH pada layar display secara stabil.
7. Menekan atau menggeser tombol OFF untuk mematikan pH meter dan membersihkan elektroda dari sisa sisa larutan yang diukur sampai bersih.

Bila  $\text{pH} < 7$  larutan bersifat asam,  $\text{pH} > 7$  larutan bersifat basa. Dalam larutan netral  $\text{pH}=7$  (Ihsanto dan Hidayat, 2014).

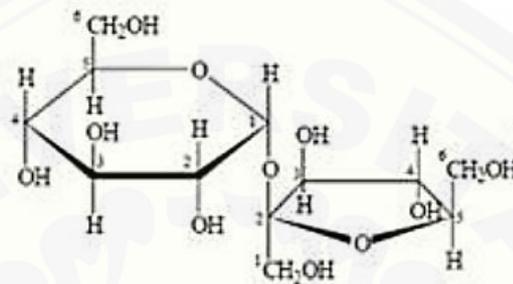
Apabila gula berada di dalam larutan dengan pH lebih dari 7 maka bila dibiarkan saja gulanya akan mengalami kerusakan. Cara untuk dapat menghilangkan sifat asam larutan adalah dengan menambahkan bahan yang bersifat basa. Tetapi bila basanya terlalu banyak akan menyebabkan nira bersifat basa, hal ini juga tidak baik karena akan mempengaruhi berubahnya suatu komponen nira yang dapat menimbulkan perubahan warna.

Nira dengan pH rendah dapat merangsang pertumbuhan khamir yang akan memecah sukrosa menjadi gula reduksi. Menurut Manap dalam Naufalin (2012), warna gula merah ditentukan oleh pH awal nira. Gula merah yang dibuat dari nira dengan pH sekitar 6 akan menghasilkan gula merah dengan warna coklat muda, sedangkan nira dengan pH sekitar 7 akan menghasilkan gula merah dengan warna coklat tua dan akan semakin gelap seiring dengan semakin tingginya pH nira (Reni dkk, 2018).

## 2.7 Sukrosa

Sukrosa berasal dari tanaman tebu, bit. Selain dari tebu dan bit, sukrosa terdapat pula pada tumbuhan lain, misalnya nanas dan wortel. Dengan hidrolisis sukrosa akan terpecah dan menghasilkan glukosa dan fruktosa (Poedjadi dan Supriyanti, 2009). Sukrosa merupakan disakarida yang tersusun atas sebuah  $\alpha$ -D-glucopyranosil dan  $\beta$ -D-fructofuranosyl yang berikatan antar ujung reduksinya.

Sukrosa tidak mempunyai ujung pereduksi sehingga termasuk dalam gula non pereduksi. Sukrosa ( $C_{12}H_{22}O_{11}$ ) membentuk kristal keras anhydrous dalam bentuk monoklin, yang mempunyai tiga sumbu asimetris berbeda panjangnya. Sukrosa mempunyai densitas 1,606 g/cm<sup>3</sup>, berat molekul 342, berat jenis 1,033 sampai 1,106. Sukrosa juga mempunyai sifat sedikit higroskopis dan mudah larut dalam air. Semakin tinggi suhu, kelarutannya semakin besar (Suparmo dkk, 1991).



Gambar 2.4 Struktur sukrosa  
(Sumber: Anonim dalam Atmaja, 2015)

Dalam keadaan segar nira kelapa terasa manis, berbau khas dan tidak berwarna. Nira kelapa mengandung beberapa zat gizi antara lain karbohidrat, protein, lemak dan mineral. Rasa manis yang terdapat pada nira kelapa disebabkan adanya kandungan zat gula yaitu sukrosa, fruktosa dan glukosa. Nira kelapa juga mengandung kadar air cukup tinggi (88,40%), kadar gula (10,27%), kadar protein (0,41%), kadar lemak (0,71%), kadar abu (0,38%) dan asam asam organik (Setyamidjaja dan Haryanti dkk dalam Syafitri, 2017).

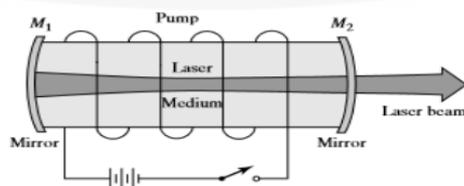
Kadar sukrosa akan semakin menurun seiring dengan banyaknya konsentrasi kapur yang ditambahkan. Hal tersebut karena dekomposisi larutan sukrosa juga dapat terjadi pada proses pemurnian nira yang kurang baik. Sukrosa akan mengalami kerusakan pada pH yang terlalu tinggi. Kondisi nira yang alkalis menyebabkan sukrosa terfragmentasi menjadi gula-gula pereduksi. Larutan sukrosa yang diberi kapur hingga mencapai pH lebih dari 8, apabila dipanaskan selama satu jam akan terjadi kehilangan sukrosa sebanyak 0.5%. Keberadaan ion  $OH^-$  pada larutan sukrosa akan menyebabkan sukrosa terdekomposisi dan terbentuk 5-hidroksi-metil-2-furfural, metil glioksil, gliseraldehid, dioksiaseton, aseton, senyawa fenol dan  $CO_2$ . Senyawa-senyawa tersebut akan memberikan

warna coklat tua yang nyata sekali pada produk. CaO atau kapur yang dilarutkan di dalam air akan membentuk  $\text{Ca(OH)}_2$ . Kalsium hidroksida  $\text{Ca(OH)}_2$  yang ditambahkan ke dalam nira dapat terionisasi menjadi  $\text{Ca}^{++}$  dan  $\text{OH}^-$ . Ion yang umumnya terbentuk dalam nira adalah  $\text{Ca}^{++}$  dan  $\text{OH}^-$  (Erwinda dkk, 2014).

## 2.8 Laser HeNe

*Light amplification by stimulated emission of radiation* atau yang lebih dikenal dengan nama laser adalah suatu perangkat yang berfungsi untuk menciptakan dan menguatkan radiasi elektromagnetik melalui proses emisi terstimulasi pada frekuensi tertentu (Herwandi, 2011). Laser merupakan perkembangan dari maser, huruf m disini singkatan dari *microwave*, artinya gelombang mikro. Cara kerja maser dan laser adalah sama, hanya saja mereka bekerja pada panjang gelombang yang berbeda. Laser bekerja pada spektrum infra merah sampai ultra ungu, sedangkan maser memancarkan gelombang elektromagnetik dengan panjang gelombang yang jauh lebih panjang, sekitar 5 cm, lebih pendek sedikit dibandingkan dengan sinyal TV - UHF. Laser memiliki panjang gelombang kisaran 538 nm pada laser dioda, hingga 638 nm pada laser He-Ne (Minarni dkk, 2013). Bahan yang digunakan dalam laser dapat berupa gas, benda padat dan cairan (kimia). Salah satu contoh laser yang menggunakan gas adalah laser Helium-Neon.

Prinsip kerja laser adalah dengan cara memompa laser. Pemompaan laser adalah proses dimana atom-atom naik dari tingkat bawah ke tingkat atas. Dalam laser Helium Neon yang berfungsi sebagai medium aktif adalah Neon, karena pada medium ini terjadi transisi laser, sedangkan Helium berfungsi sebagai kontributor ion ke medium aktif laser (Neon).



Gambar 2.5 Laser HeNe  
(Sumber: Pedrotti, 1993)

## 2.9 Indeks Bias

Cahaya memiliki sifat dapat merambat. Apabila cahaya merambat melalui dua medium berbeda akan mengalami pembiasan. Pembiasan merupakan perubahan kecepatan cahaya akibat perbedaan medium yang menyebabkan perubahan lintasan cahaya (Hidayat dkk, 2011). Indeks bias adalah salah satu dari beberapa sifat optis yang penting dari suatu medium. Pengukuran indeks bias suatu zat cair penting dalam penilaian sifat dan kemurnian cairan, konsentrasi larutan, dan perbandingan komponen dalam campuran dua zat cair atau kadar yang diekstrakkan dalam pelarutnya (Brink dkk dalam Novestiana dan Hidayanto, 2015).

Ketika cahaya merambat di dalam suatu bahan yang jernih, kecepatannya akan turun karena ditentukan oleh karakteristik bahan yang dinamakan indeks bias. Indeks bias merupakan nilai perbandingan (*rasio*) antara kecepatan cahaya di dalam ruang hampa terhadap kecepatan cahaya di dalam bahan, maka besaran indeks bias tidak memiliki satuan. Indeks bias berperan sebagai factor pembagi dalam menentukan kecepatan cahaya didalam suatu bahan, hal ini berarti bahwa semakin rendah nilai indeks bias maka semakin tinggi kecepatan cahaya di dalam bahan terkait.

Tabel 2.7 Indeks bias medium

No	Medium	Indeks Bias
1	Udara Hampa	1,00
2	Air	1,33
3	Kaca Kuarsa Lebur	1,46
4	Kaca Korona	1,52

(Sumber : Hasibuan, 2012)

Nilai indeks bias ( $n$ ) dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$n = \frac{c}{v} \quad (2.3)$$

dengan  $n$  adalah indeks bias medium,  $c$  adalah kecepatan cahaya di udara dan  $v$  adalah kecepatan cahaya di dalam medium. Sebagai medium transparan larutan gula memiliki indeks bias yang bergantung pada beberapa parameter yaitu suhu ( $T$ ), panjang gelombang ( $\lambda$ ) dan konsentrasi ( $C$ ). Dengan demikian indeks bias suatu larutan merupakan fungsi dari berbagai parameter adalah

$$\Delta n = n(T, C, \lambda) \quad (2.4)$$

maka perubahan indeks bias untuk larutan tersebut dapat dinyatakan dalam persamaan

$$\Delta n \approx \frac{\partial n}{\partial T} \Delta T + \frac{\partial n}{\partial C} \Delta C + \frac{\partial n}{\partial \lambda} \Delta \lambda \quad (2.5)$$

Jika panjang gelombang yang digunakan adalah konstan dan sistem berada dalam keadaan isothermal maka perubahan indeks bias larutan hanya ditentukan melalui konsentrasinya yang dinyatakan dalam persamaan

$$\Delta n \approx \frac{\partial n}{\partial C} \Delta C \quad (2.6)$$

(Anonim dalam Mutmainah dkk, 2015).

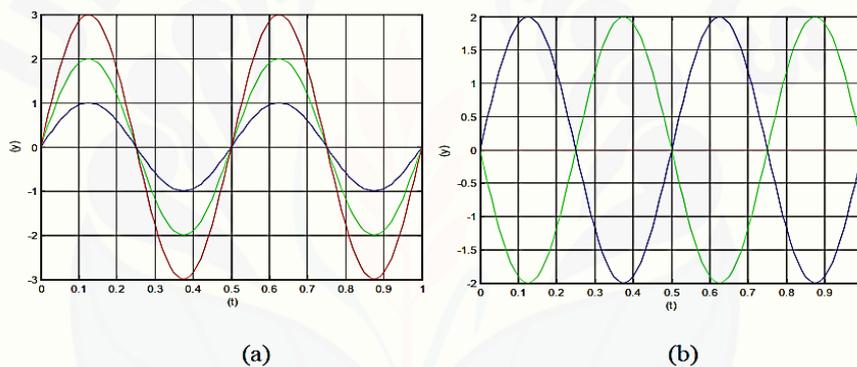
## 2.10 Interferensi Cahaya

Berikut pengertian Interferensi menurut beberapa pendapat :

- Anonim dalam Nugraheni dkk (2012) berpendapat bahwa interferensi cahaya ialah superposisi dari dua gelombang cahaya atau lebih yang menimbulkan pola gelombang yang baru .
- Tipler (1991) menjelaskan interferensi ialah penggabungan secara superposisi dua gelombang atau lebih yang bertemu dalam satu titik di ruang.
- Soedjo (1992) menyatakan interferensi adalah gejala terjadinya pola gelap terang yang berselang seling dari suatu bayangan sumber cahaya. Interferensi dapat diterangkan berdasarkan teori gelombang elektromagnetik, dimana dua berkas cahaya akan saling menguatkan jika keduanya sefase dan saling menghapus atau melemahkan jika keduanya saling berlawanan.

Syarat terjadinya interferensi cahaya adalah cahaya tersebut harus koheren yaitu keadaan dua sumber cahaya atau lebih yang mempunyai frekuensi, amplitudo dan beda fase yang tetap (Halliday dan Resnick, 2003). Koherensi merupakan salah satu sifat gelombang yang dapat menunjukkan interferensi, yaitu gelombang tersebut selalu sama baik fase maupun arah penjarannya. Koherensi juga merupakan parameter yang dapat mengukur kualitas suatu interferensi (Laud dalam Setyaningsih dkk, 2007).

Terdapat dua jenis interferensi, yaitu interferensi konstruktif dan interferensi destruktif (Sugito dkk, 2005). Apabila dua gelombang yang berfrekuensi dan berpanjang gelombang sama tapi berbeda fase bergabung, maka gelombang yang dihasilkan merupakan gelombang yang amplitudonya tergantung pada perbedaan fasenya. Jika perbedaan fasenya 0 atau bilangan bulat kelipatan  $360^\circ$ , maka gelombang akan sefase dan berinterferensi secara saling menguatkan (interferensi konstruktif) dan amplitudonya sama dengan penjumlahan amplitudo masing-masing gelombang. Jika perbedaan fasenya  $180^\circ$  atau bilangan ganjil kali  $180^\circ$ , maka gelombang yang dihasilkan akan berbeda fase dan berinterferensi secara saling melemahkan (interferensi destruktif). Amplitudo yang dihasilkan merupakan perbedaan amplitudo masing-masing gelombang (Tipler, 1991)



Gambar 2.6 (a) Interferensi konstruktif (b) Interferensi destruktif  
(Sumber: Sugito dkk, 2005)

Interferensi destruktif terjadi apabila perbedaan lintasan ( $2D$ ) sama dengan nol atau kelipatan bulat dari panjang gelombang  $\lambda'$  (dalam sampel). Interferensi konstruktif terjadi jika perbedaan lintasan merupakan kelipatan ganjil dari setengah panjang gelombang. Interferensi destruktif sebesar :

$$N = \frac{2D}{\lambda'} \quad N = 0,1,2,3, \dots \quad (2.7)$$

Interferensi konstruktif sebesar :

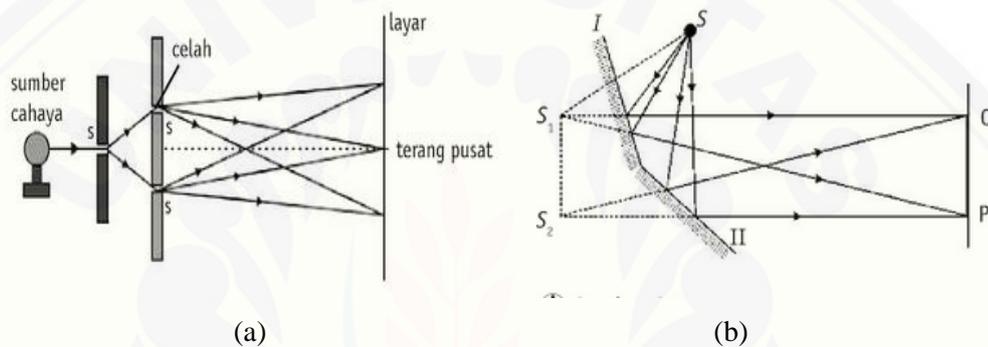
$$N + \frac{1}{2} = \frac{2D}{\lambda'} \quad N = 0,1,2,3 \quad (2.8)$$

(Tipler, 1991).

Dalam Interferensi cahaya, ada tiga jenis interferensi yaitu:

a. Percobaan Interferensi Fresnel dan Young

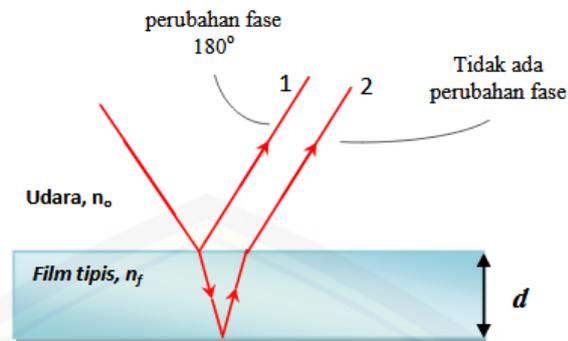
Pola interferensi yang dihasilkan oleh kedua percobaan tersebut adalah garis-garis terang dan garis-garis gelap pada layar yang silih berganti. Garis terang terjadi jika kedua sumber cahaya mengalami interferensi yang saling menguatkan atau interferensi maksimum. Adapun garis gelap terjadi jika kedua sumber cahaya mengalami interferensi yang saling melemahkan atau interferensi minimum. Jika kedua sumber cahaya memiliki amplitudo yang sama, maka pada tempat-tempat terjadinya interferensi minimum, akan terbentuk titik gelap sama sekali.



Gambar 2.7 Percobaan interferensi dengan celah (a) Thomas Young dan (b) Fresnel  
(Sumber: Anonim dalam Tsalatsin, 2014)

b. Percobaan Interferensi Lapisan Tipis

Jika refleksi oleh permukaan terjadi oleh medium yang indeks refraksinya lebih rendah, maka gelombang refleksi tidak mengalami perubahan fase; sebaliknya jika refleksi oleh medium yang lebih tinggi indeks refraksinya, terjadi loncatan fase sebesar  $\pi$ . Dalam hal ini gelombang transmisi tidak mengalami perubahan fase. Kedua faktor yang menentukan keadaan interferensi dapat diperhitungkan bersama-sama, yaitu perbedaan panjang lintasan optis dan perubahan fase pada refleksi (Halliday dan Resnick dalam Rasanjani, 2009).

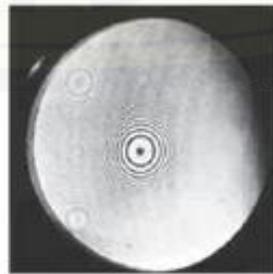


Gambar 2.8 Interensi cahaya pada lapisan tipis  
(Sumber : Anonim dalam Rasanjani, 2009)

Untuk menentukan apakah sinar yang direfleksikan berinterferensi secara konstruktif atau destruktif, perlu diketahui bahwa suatu gelombang merambat dari medium dengan indeks bias  $n_o$  ke medium dengan indeks bias  $n_f$  mengalami perubahan fase  $180^\circ$  ketika direfleksikan ke atas apabila  $n_f > n_o$  dan tidak mengalami perubahan fase apabila  $n_f < n_o$  (Serway dan Jewwet, 2004)

c. Percobaan Cincin Newton

Cincin Newton adalah fenomena terbentuknya cincin gelap terang atau goresan-goresan melingkar yang ditimbulkan proses pembiasan cahaya dari suatu lapisan tipis ke medium yang mengakibatkan perbedaan diameter goresan-goresan sehingga terbentuklah cincin Newton. Pada cincin Newton, teramat garis gelap dan terang secara berurutan membentuk lingkaran yang disebut dengan rumbai. Rumbai tersebut dihasilkan dari cahaya yang dipantulkan oleh permukaan kaca lengkung dengan permukaan kaca datar yang diletakkan bersentuhan (Giancoli, 1999).



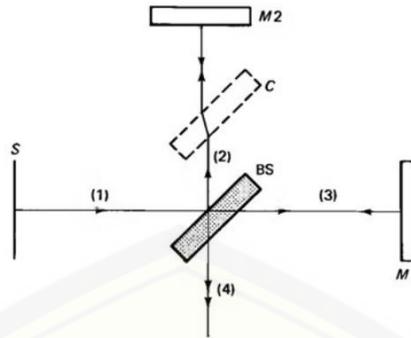
Gambar 2.9 Pola gelap terang cincin Newton  
(Sumber: Anonim dalam Fauzan dkk, 2016)

Interferensi menghasilkan pola-pola interferensi yang digunakan dalam penentuan indeks bias (Setyaningsih dkk, 2007). Pola gelap terang yang berselang seling dari suatu bayangan sumber cahaya dapat diterangkan berdasarkan teori gelombang elektromagnetik, dimana dua berkas cahaya akan saling menguatkan jika keduanya sefase dan saling menghapus atau melemahkan jika keduanya saling berlawanan (Soedoyo, 1992).

### 2.11 Interferometer Michelson

Interferometer itu sendiri berasal dari kata interferensi dan meter yang berarti suatu alat yang digunakan untuk mengukur panjang atau perubahan panjang dengan ketelitian yang sangat tinggi berdasarkan penentuan garis-garis interferensi (Halliday, 2012). Interferometer dibedakan menjadi 2 jenis, yaitu interferometer pembagi muka gelombang dan interferometer pembagi amplitudo. Pada interferometer pembagi gelombang, berkas cahaya pertama dibagi menjadi dua sehingga menghasilkan dua buah berkas sinar baru yang koheren dan ketika jatuh pada layar akan membentuk pola interferensi yang berwujud garis gelap terang berselang-seling. Di tempat garis muka gelombang, muka terang, gelombang-gelombang dari kedua celah sefase, sedangkan di tempat garis gelap, gelombang-gelombang dari kedua celah berlawanan fase (Soedoyo, 1992). Interferometer pembagi gelombang diumpamakan sebuah gelombang cahaya jatuh pada suatu lempeng kaca yang tipis. Sebagian dari gelombang akan diteruskan dan sebagian lainnya akan dipantulkan (Hecht, 1992).

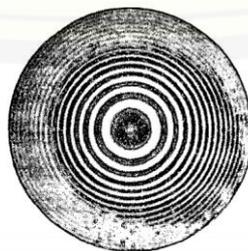
Interferometer Michelson merupakan salah satu contoh jenis interferometer pembagi amplitudo. Interferometer ini menggunakan sebuah sumber cahaya monokromatik yang dilewatkan pada sebuah lensa dan diteruskan ke permukaan beam splitter. Fungsi lensa pada interferometer ini adalah sebagai media pembagi sumber cahaya. Dengan demikian diasumsikan bahwa cahaya akan diteruskan sebanyak 50% ke M1 (*movable mirror*) dan sisanya akan direfleksikan. Hasil refleksi dari M1 dan M2 akan dikembalikan ke beam splitter. Oleh beam splitter, kedua berkas cahaya akan diteruskan ke layar pengamatan sehingga pola interferensi akan terbentuk (Arkundato, 2007).



Gambar 2.10 Skema interferometer Michelson  
(Sumber : Pedrotti,1993)

Nilai indeks bias pada suatu benda dapat dihubungkan dengan sifat-sifat pada pola interferensi gelombang cahaya monokromatik yang terbentuk. Perbedaan lintasan optis dapat dilihat dari selisih jarak pergeseran rumbai antara pusat dua rumbai pada waktu-waktu tertentu (Nugraheni dkk, 2012). Rumbai inilah yang disebut frinji.

Saat seberkas cahaya melalui suatu celah yang sempit, maka berkas cahaya tersebut akan disebarkan dengan pola tertentu, sehingga jika diproyeksikan pada layar akan terbentuk suatu pola terang-gelap yang beraturan yang disebut dengan pola frinji. Interferometer Michelson dapat menghasilkan pola frinji yang dimanfaatkan untuk aplikasi pengukuran dengan tingkat akurasi tinggi. Pengamatan pola frinji terjadi pada saat adanya perubahan beda lintasan optis. Perubahan lintasan optik yang terjadi saat cahaya berinterferensi berupa frinji (*fringe*) yang tersusun secara konsentrik. Frinji-frinji tersebut ada yang terang dan gelap yang menyatakan pola interferensi konstruktif dan destruktif. Frinji tersebut dapat bergerak menjauhi atau mendekati pusat lingkaran pola interferensi jika panjang beda lintasan optiknya berubah.



Gambar 2.11 Pola frinji yang dihasilkan interferometer Michelson  
(Sumber : Jenkins dan White, 2001)

Pengukuran jarak yang tepat dapat diperoleh dengan menggerakkan cermin pada Interferometer Michelson dan menghitung frinji interferensi bergerak atau berpindah, dengan acuan suatu titik pusat. Diperoleh perubahan lintasan optik yang berhubungan dengan perubahan frinji sebesar :

$$\Delta d = \frac{\Delta N \lambda}{2} \quad (2.9)$$

dengan  $\Delta d$  adalah perubahan lintasan optik,  $\Delta N$  adalah perubahan jumlah frinji, dan  $\lambda$  adalah panjang gelombang laser yang digunakan (Phywe, 2006).

Beda panjang lintasan untuk dua gelombang apabila keduanya digabungkan kembali adalah  $2d_2 - 2d_1$ . Sesuatu yang akan mengubah beda lintasan akan menyebabkan perubahan fase. Perubahan pola interferensi dapat disebabkan oleh adanya penyisipan bahan transparan yang tipis ke dalam lintasan optis dari satu cermin. Jika bahan memiliki tebal  $L$  dan indeks bias  $n$ , maka bilangan gelombang sepanjang lintasan cahaya bolak balik yang melalui bahan dengan ketebalan  $L$  adalah :

$$N = \frac{2L}{\lambda} \quad (2.10)$$

Pada saat bahan disisipkan, cahaya yang dikembalikan ke cermin mengalami perubahan fase dalam panjang gelombang sebesar :

$$Nm - Na = \frac{2Ln}{\lambda} - \frac{2Ln_0}{\lambda} \quad (2.11)$$

(Halliday dkk, 2012).

Pergeseran cermin menyebabkan perubahan jumlah frinji yang hanya bergantung pada konsentrasi larutan sehingga dapat dituliskan :

$$\Delta N = \frac{2L}{\lambda} (n - n_0) \quad (2.12)$$

dimana  $n_0$  adalah indeks bias akuades acuan 1,3328 sehingga nilai indeks bias sukrosa dapat ditentukan tiap perubahan konsentrasi larutan (Anonim dalam Mutmainah, dkk 2015).

## 2.12 Phyllotaxis ( Filotaksis)

Tata letak daun atau phyllotaxis adalah aturan tata letak daun pada batang. Pada batang dewasa, daun dapat tersusun dalam pola tertentu dan berulang-ulang. Susunan daun pada batang tersebut disebut duduk daun atau filotaksis. Istilah filotaksis sebenarnya merupakan istilah yang digunakan untuk menyatakan urutan terbentuknya daun pada batang, tetapi dikarenakan urutan daun tersebut tampak jelas setelah daun maupun batang yang ditempatinya mengalami pendewasaan, maka istilah tersebut digunakan secara umum untuk menyatakan susunan daun pada batang. Susunan daun dari suatu tumbuhan biasanya bersifat konstan. Susunan daun pada batang biasanya turut ditentukan oleh banyaknya helai daun yang terbentuk dalam suatu nodus (buku) (Tjitrosoepomo, 2007).

Berdasarkan banyaknya daun pada setiap buku batang, filotaksis dapat dibedakan menjadi 3 kelompok, yaitu :

a. Pada tiap buku terdapat satu daun

Filotaksis ini disebut juga folia sparsa (tersebar). Walaupun dinamakan tersebar, apabila diteliti justru ditemukan adanya hal-hal yang bersifat beraturan. Kedudukan daun tersebut dinamakan roset (rasula) yang disebabkan karena ruas batang pada bagian batang tersebut sangat pendek. Roset dapat dibedakan antara lain :

1. Roset akar, jika batang sangat pendek sehingga daun mengelompok di dekat permukaan tanah dan di dekat akar. Contoh pada tapak liman (*Elephantopus scaber L.*)
2. Roset batang, jika daun tersusun rapat pada ujung batang, misalnya pada tumbuhan kelapa (*Cocus nucifera*). Pada tumbuhan berkayu yang mempunyai dua macam percabangan, tegak (ortotrop) dan datar (plagiotrop), seringkali pada suatu tumbuhan dapat ditemukan filotaksis yang berbeda (Muzayyinah, 2008).

b. Bila terdapat dua helai daun pada setiap buku (nodus)

Daun-daun akan duduk berlawanan atau berhadapan (*opposita*). Kedua daun yang berada pada setiap buku satu sama lain membentuk sudut  $180^\circ$  . Bila pasangan daun pertama dan berikutnya terorientasi dengan sudut  $90^\circ$ , maka akan

terdapat empat deretan daun bila dilihat dari atas. Duduk daun seperti ini disebut berhadapan bersilang (*opposita decussata*). Bila batang yang memiliki duduk daun seperti ini mengalami perputaran, maka duduk daun dapat dinyatakan sebagai *spiral decussata* (Kusdianti, 2012).

c. Pada setiap buku terdapat lebih dari dua daun.

Filotaksis ini juga dikenal sebagai *folia verticilata*. Pada jenis ini, daun-daun pada karang atau buku yang beraturan letaknya saling berseling. Hal ini dapat ditemukan misalnya pada alamanda (*Allamanda cathartica*). Pada tumbuhan dengan tata letak daun berhadapan berkarang tidak dapat ditentukan rumus daunnya (Muzayyinah, 2008).

Susunan daun tanaman kelapa sawit mirip dengan tanaman kelapa yaitu membentuk susunan daun majemuk. Daun-daun tersebut akan membentuk suatu pelepah daun yang panjangnya mencapai kurang lebih 7,5-9 m. Jumlah anak daun pada tiap pelepah berkisar antara 250-400 helai. Daun muda yang masih kuncup berwarna kurang pucat. Pada tanah yang subur, daun cepat membuka sehingga makin efektif menjalankan fungsinya sebagai tempat berlangsungnya fotosintesa dan juga sebagai alat respirasi (Fauzi dkk dalam Ginting, 2011).

Metode filotaksis lebih sering digunakan pada tanaman yang batangnya pendek seperti arbei, kelapa sawit, pepaya dan lainnya. Pada metode filotaksis, umur tanaman dapat dihitung dengan persamaan :

$$R = \frac{(NxP)}{(\text{jumlah rata-rata pelepah yang tumbuh pertahun})} \quad (2.13)$$

dimana jumlah lilitan bekas potongan pelepah sampai di puncak dalam satu pohon disebut P dan jumlah pelepah dalam satu alur yang disebut dengan N.

Daun kelapa tersusun melingkar membentuk spiral. Arah spiral dapat kekiri atau kekanan tergantung posisi dari tandan buah terhadap pelepah daun. Bila tandan buah berada di sebelah kanan pelepah daun, maka arah spiral kekiri dan sebaliknya. Dari daun yang satu ke daun berikutnya membentuk sudut  $140^\circ$  atau  $2/5$  lingkaran yang berarti setiap lima daun membentuk dua lingkaran dan

setiap enam daun berurutan akan berada pada satu garis lurus (Mardiatmoko dan Ariyanti, 2018).



Gambar 2.12 Bekas pangkal pelepah daun pada permukaan batang  
(Sumber: Mardiatmoko dan Ariyanti, 2018).

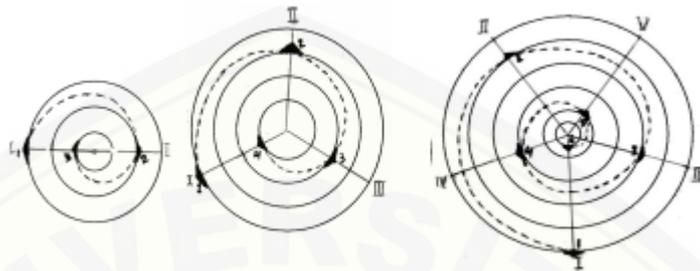
Penjelasan melalui teknik filotaksis daun tanaman kelapa, dapat dilakukan melalui dua metode yaitu bagan tata letak daun dan diagram tata letak daun. Dalam bagan berikut ini batang tumbuhan digambarkan berbentuk bulat panjang, seperti pipa. Garis ortostik yang merupakan garis sumbu proyeksi daun. Garis putus-putus menggambarkan bahwa garis tersebut terdapat di bagian belakang batang. Nomor 1, 2, 3, dan seterusnya, merupakan nomor daun secara berurutan dari bawah ke atas.



Gambar 2.13 Bagan tata letak daun  
(Sumber: Hadisunarso, 2018)

Pada diagram tata letak daun kita melihat tata letak daun dilihat dari atas. Batang tumbuhan digambarkan sebagai kerucut. Buku-buku tempat melekatnya

daun digambarkan dalam bentuk lingkaran-lingkaran. Lingkaran terluar menggambarkan buku pada pangkal batang, sedangkan lingkaran terdalam merupakan bagian buku termuda. Garis menyambung menunjukkan garis ortostik. Garis putus-putus menggambarkan garis spiral genetik.



Gambar 2.14 Diagram tata letak daun  
(Sumber: Hadisunarso, 2018)

## BAB 3. METODE PENELITIAN

### 3.1 Rancangan Penelitian

Penelitian dilakukan di Laboratorium Fisika Modern Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember. Penelitian dilakukan pada tanggal 7-13 Januari 2019, dengan observasi dilakukan pada bulan Oktober 2018. Pada bulan Januari adalah awal masuknya musim penghujan sehingga keadaan tanah dan tanaman masih dipengaruhi musim kemarau. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui jumlah produksi (volume) dan kadar sukrosa yang terkandung pada nira kelapa. Pada pengukuran volume nira dilakukan pengukuran pH nira untuk mengetahui tingkat keasaman nira dan dianalisis pengaruh pengawet yang diberikan terhadap nira.

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode interferometri. Alat yang digunakan yaitu sendok, rafia, bumbung penampung nira, golok, gelas ukur, botol plastik, wadah sampel larutan, pH meter, interferometer Michelson, pendingin ruang (AC), pipet, pengaduk, kain penyaring, dan neraca. Bahan yang digunakan adalah sukrosa standart, air kapur, akuades, dan nira kelapa. Bahan sukrosa standart yang digunakan berasal dari Toko Aneka Kimia Jember. Sukrosa standar diukur indeks biasanya pada konsentrasi 2%-12% sebagai acuan nilai indeks bias nira yang akan diuji. Bahan sampel nira kelapa berasal empat pohon kelapa yang masing-masing disadap sebanyak tiga mayang perpohon. Variasi sampel nira yang digunakan adalah berdasarkan umur pohon kelapa.

Penelitian ini diawali dengan mengkaji pustaka dan teori yang terkait dengan topik penelitian dari berbagai sumber. Langkah awal yaitu mempersiapkan alat dan bahan yang dibutuhkan. Langkah selanjutnya adalah menentukan empat pohon yang akan diukur umurnya dengan metode filotaksis. Proses pengukuran jumlah volume dan pH dilakukan secara langsung menggunakan gelas ukur dan pH meter digital. Pengukuran kadar sukrosa nira kelapa diawali dengan mengukur nilai indeks bias menggunakan interferometer Michelson. Dari hasil data indeks bias tersebut dihitung dan dianalisis kadar sukrosa pada masing-masing sampel yang diuji.

Variasi umur tanaman dilakukan untuk mengetahui perbedaan kadar kandungan sukrosa pada nira dan pengaruh pemberian pengawet air kapur pada nira kelapa sehingga dapat diketahui karakteristik tanaman kelapa yang cocok disadap dan diambil air niranya. Pengukuran volume nira kelapa sebagai pertimbangan besar produksi gula kelapa setiap proses produksi. Berdasarkan banyaknya (volume) produksi, dan kadar sukrosa yang dihasilkan dapat diketahui umur tanaman kelapa yang produktif dan tidak produktif untuk disadap, sedangkan pH diukur untuk mengetahui nira dalam keadaan baik atau tidak saat disadap.

## **3.2 Jenis dan Sumber Data Penelitian**

### **3.2.1 Jenis Penelitian**

Penelitian yang dilakukan adalah jenis penelitian eksperimental, yang akan menganalisis karakteristik kadar sukrosa nira kelapa berdasarkan nilai indeks bias yang dihasilkan melalui metode interferometri. Penelitian ini bersifat kuantitatif karena hasil akhir pengukuran berupa angka dari jumlah produksi (volume) dan kadar sukrosa. Analisis baik tidaknya nira yang disadap dapat dilihat dari nilai pH dan kadar sukrosa terukur. Produktif tidaknya tanaman kelapa dilihat dari jumlah volume nira yang dihasilkan pada setiap proses penyadapan. Berdasarkan ketiga variabel yang diukur tersebut, dapat dianalisis umur tanaman yang produktif dan efisien untuk disadap.

### **3.2.2 Sumber Data Penelitian**

Sumber data primer umur pohon kelapa didapat dari pengukuran menggunakan metode filotaksis. Data mengenai jumlah produksi (volume), pH, dan kadar sukrosa nira yang dihasilkan termasuk data primer karena diukur secara langsung. Data kadar (%) sukrosa nira kelapa didapatkan dari perhitungan rumus dengan bantuan Microsoft Excel.

### 3.3 Variabel Penelitian dan Skala Pengukuran

Secara umum, variabel-variabel yang digunakan dalam penelitian dikelompokkan menjadi tiga bagian yaitu sebagai berikut:

#### 3.3.1 Variabel Bebas

Variabel bebas merupakan variabel penyebab yang mempengaruhi perubahan dari variabel terikat. Variabel bebas yang digunakan dalam penelitian ini yaitu umur tanaman kelapa. Kelapa yang akan diuji dibedakan dalam empat umur yang masing-masing akan disadap tiga mayang.

#### 3.3.2 Variabel Terikat

Variabel terikat adalah faktor-faktor yang diobservasi dan diukur untuk menentukan adanya pengaruh variabel bebas. Variabel terikat pada penelitian ini adalah jumlah produksi (volume), pH, dan kadar sukrosa nira. Ketiga variabel ini akan berubah apabila umur tanaman kelapa yang disadap berubah sehingga penggunaan variabel bebas mempengaruhi variabel terikat.

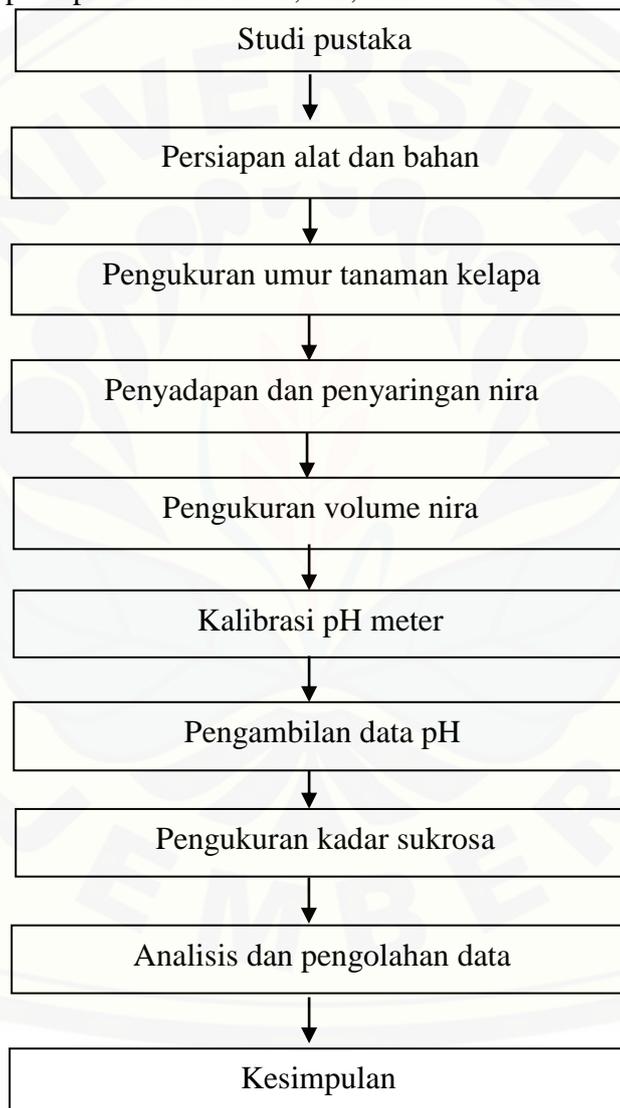
#### 3.3.3 Variabel Kontrol

Variabel kontrol merupakan variabel yang dibuat konstan sehingga tidak mempengaruhi hubungan dari variabel bebas dengan variabel terikat. Variabel kontrol pada penelitian ini adalah suhu ruang saat melakukan pengukuran kadar sukrosa. Suhu pada proses penyadapan juga dianggap sama sehingga suhu stabil.

Skala pengukuran yang digunakan pada penelitian ini adalah skala pengukuran ordinal dan rasio. Skala pengukuran ordinal merupakan skala yang sifatnya membedakan dan mengurutkan. Konsentrasi sukrosa standart dan nira kelapa diurutkan dari konsentrasi rendah ke tinggi untuk mengetahui pengaruh konsentrasi terhadap nilai indeks bias ( $n$ ) yang dihasilkan. Skala rasio menyatakan perbandingan jumlah produksi (volume) dan kadar sukrosa untuk setiap variasi umur tanaman yang disadap.

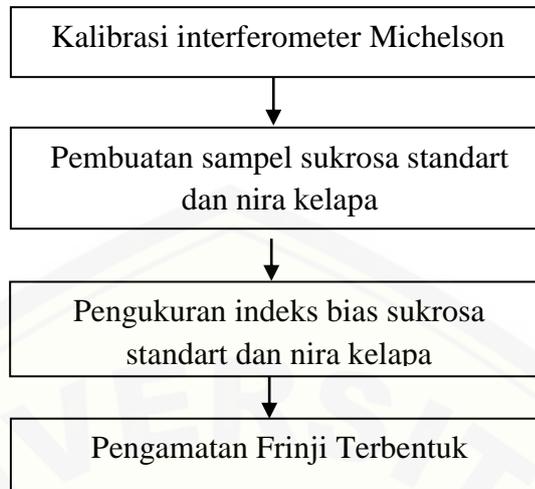
### 3.4 Kerangka Pemecahan Masalah

Berdasarkan permasalahan yang ingin dikaji, perlu dilakukan beberapa pemahaman terhadap literatur yang berkaitan dengan pengukuran kadar sukrosa nira kelapa menggunakan interferometer Michelson. Pemahaman mengenai metode filotaksis dan interferometer Michelson juga diperlukan untuk mengetahui prinsip kerja alat tersebut. Tahap-tahap kegiatan penelitian ditampilkan dalam diagram alir seperti pada Gambar 3.1, 3.2, dan 3.3 berikut :



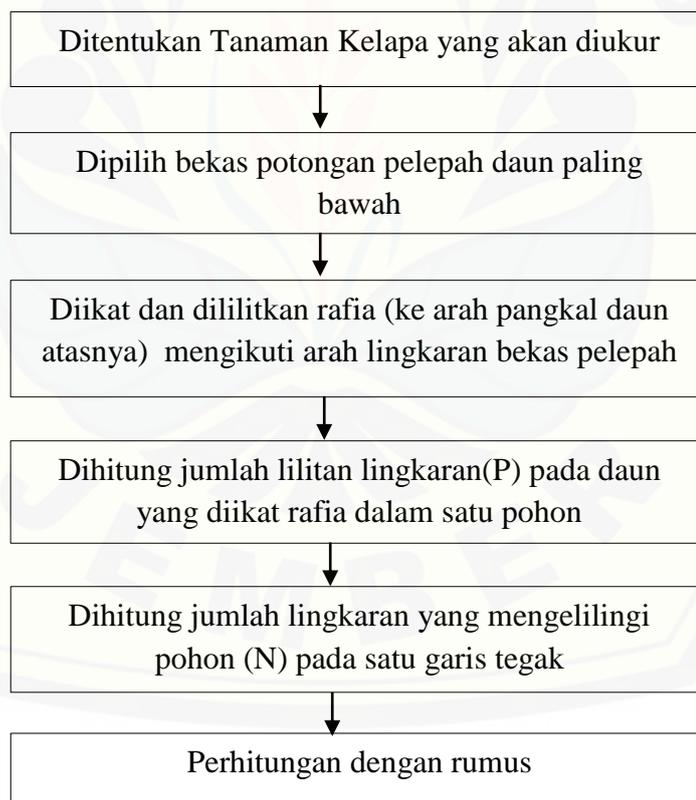
Gambar 3.1 Diagram alir rancangan kegiatan penelitian

Tahap pengukuran kadar sukrosa dijelaskan pada Gambar 3.2 di bawah ini :



Gambar 3.2 Diagram alir pengukuran kadar sukrosa nira kelapa

Tahap penentuan umur tanaman dijelaskan dalam Gambar 3.3 di bawah ini :



Gambar 3.3 Diagram alir penentuan umur tanaman

Beberapa proses kerangka pemecahan masalah dalam penelitian ini antara lain :

#### 3.4.1 Tahap Persiapan

Tahap persiapan dalam penelitian ini diawali dengan mempersiapkan semua alat dan bahan yang diperlukan untuk melakukan penelitian ini.

##### a. Alat

Alat yang digunakan pada penelitian ini dibedakan menjadi dua jenis yaitu alat yang digunakan untuk memperoleh bahan dan digunakan untuk melakukan pengukuran. Alat yang dibutuhkan untuk menentukan umur tanaman adalah rafia atau tali, sedangkan alat untuk memperoleh bahan nira adalah golok, kain penyaring, bumbung bambu, dan 6 botol plastik untuk menyimpan nira yang disadap. Alat yang dibutuhkan untuk melakukan pengukuran adalah gelas ukur, gelas kimia, interferometer Michelson, neraca, wadah plastik untuk sampel larutan sukrosa standart dan nira kelapa, pipet, pengaduk, dan pH meter digital. Satu set interferometer terdiri dari Laser He-Ne, layar pengamatan, *beam splitter*, wadah sampel, *movable mirror*, dan *adjustable mirror*.

##### b. Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu nira kelapa, sukrosa standart, kapur, dan akuades. Nira kelapa dipilih dari empat pohon kelapa yang berbeda umur tanamnya. Dari keempat pohon kelapa tersebut, tiga tandan akan disadap sebanyak satu kali sehingga didapatkan 12 sampel nira murni. Sukrosa standart yang digunakan adalah produk sukrosa dari Toko Aneka Kimia Jember. Kapur diberikan sebanyak 1 sdm dicampur 1 sdm air untuk satu bumbung sebagai bahan pengawet nira selama disadap.

Nira kelapa yang digunakan adalah hasil dari penyadapan nira pohon kelapa pada sore hari dan diambil dari pohon pada pagi hari. Berdasarkan hasil observasi diketahui volume nira pada pengambilan pagi hari jauh lebih banyak dibandingkan pengambilan sore hari. Hal ini disebabkan nira masih akan divariasikan dari konsentrasi 2-12% dan masing-masing konsentrasi dibutuhkan enam sampel nira sehingga volume nira yang diambil pada pagi hari akan lebih cukup dibandingkan nira yang diambil sore hari.

### 3.4.2 Pembuatan Sampel

Persiapan bahan selanjutnya dilakukan pada tahap pembuatan sampel. Sampel tanaman kelapa dipilih empat pohon yang masing-masing diberi label Pohon 1, Pohon 2, Pohon 3, dan Pohon 4 secara acak. Tandan paling bawah setiap pohon dilabeli A, kemudian semakin ke atas dilabeli B dan C sehingga akan didapat sampel nira kelapa berupa Pohon 1A, 1B, 1C, 2A, 2B, 2C, 3A, 3B, 3C, 4A, 4B, dan 4C.

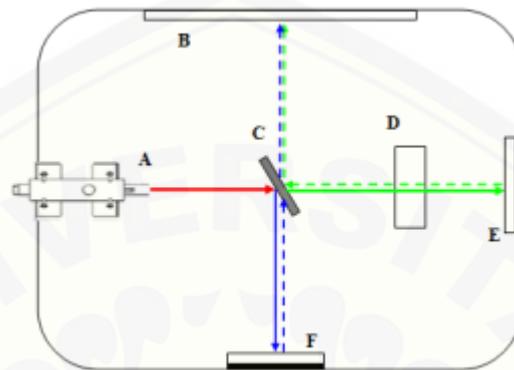
Setelah nira diambil dari atas pohon, nira disaring menggunakan kertas/kain penyaring. Hal ini dilakukan untuk memisahkan kotoran atau remah-remah yang mungkin tercampur ke dalam air nira kelapa. Setelah nira bersih maka kemudian diukur volume dan pH nya. Setelah itu nira diukur kadar sukrosanya di laboratorium.

Pada tahap ini, sukrosa standart dan nira kelapa dilarutkan bersama akuades untuk mendapatkan larutan campuran dengan konsentrasi 2%-12% karena keterbatasan interferometer yang hanya mampu mengukur larutan sukrosa standart pada konsentrasi maksimal 12%. Proses penentuan konsentrasi dilakukan dengan menimbang sukrosa standart dan akuades yang dibutuhkan untuk konsentrasi tertentu. Persamaan penentuan konsentrasi larutan akan dibahas pada metode analisis data. Pembuatan sampel dilakukan sebanyak enam sampel setiap konsentrasi sehingga ada 36 sampel nira yang telah divariasikan dari 2%-12% untuk satu nira dari satu tandan yang disadap. Konsentrasi larutan nira yang tinggi menandakan larutan semakin murni.

### 3.4.3 Tahap Konstruksi Alat

Pada tahap ini dilakukan penyusunan alat sebagaimana desain percobaan . Setelah nira disadap nira harus disaring terlebih dahulu. Penyaringan nira dilakukan dengan kain atau handuk penyaring yang diletakkan di atas wadah. Penyaringan dilakukan sebanyak tiga kali agar nira semakin bersih dari remah-remah. Setelah itu gelas ukur yang digunakan untuk mengukur jumlah volume nira diletakkan di atas lantai atau meja dengan permukaan rata. Hal ini dilakukan agar nira terukur baik sesuai skala yang tertera. Selain itu, saat penggunaan pH

meter harus ditegakkan agar cairan menyentuh elektroda tanpa melewati batas celup yang telah ditentukan. Larutan sukrosa standart sampel nira yang akan diukur diletakkan pada wadah sampel interferometer Michelson. Desain dari kontruksi alat interferometer Michelson dapat ditunjukkan pada Gambar 3.4.



Gambar 3.4 Desain alat interferometer Michelson

Keterangan gambar :

A: laser He-Ne

B: layar pengamatan

C: *beam splitter*

D: wadah sampel

E: *movable mirror*

F: *adjustable mirror*

#### 3.4.4 Kalibrasi Alat Penelitian

Kalibrasi alat berguna untuk mengetahui kebenaran/kesesuaian pembacaan suatu alat ukur. Pada penelitian ini, tahap kalibrasi alat dilakukan dua kali yaitu kalibrasi pH meter dan interferometer Michelson.

##### a. Kalibrasi pH meter

Kalibrasi alat pH meter dilakukan dengan menggunakan gelas kimia, gelas ukur, elektroda, larutan buffer dan akuades. Langkah awal adalah merendam elektroda dalam akuades lalu membilas berkali-kali dengan menggunakan botol semprot (gunakan gelas kimia 250 mL untuk menampung air sisa semprotan).

Kemudian mengeringkan elektroda dengan menggunakan kertas tisu sampai kering. Setelah itu, larutan buffer pH 7 diletakkan dalam gelas kimia 100 mL atau langsung dalam botol kecil beberapa saat untuk mencapai kesetimbangan dan mengukur nilai pH larutan buffer menggunakan pH meter. Skala pH yang terbaca harus berskala 7. Kemudian mencuci elektroda dengan akuades berulang-ulang dan mengeringkannya. Selanjutnya mencelupkan elektroda ke dalam larutan buffer pH 4,01 selama beberapa saat. pH pada skala pH alat pembacaan harus menunjukkan pH 4,01. Langkah yang sama diulangi seperti di atas, tetapi menggunakan larutan buffer pH 9,18 pembacaan harus menunjukkan pH 9,18. Apabila hasil pembacaan tidak sesuai dengan pH larutan yang digunakan artinya pH meter tidak terkalibrasi. Apabila pembacaan sesuai maka pH meter telah terkalibrasi.

b. Kalibrasi Interferometer Michelson

Kalibrasi alat interferometer Michelson dilakukan dengan cara mensejajarkan berkas cahaya datang dengan berkas cahaya pantul tanpa melewati beam splitter. Setelah berkas cahaya datang dan pantul sejajar, selanjutnya mencari dua buah titik dengan melewatkan berkas cahaya melalui beam splitter. Setelah dua buah berkas cahaya bersatu dalam satu titik, pola interferensi berupa pola frinji gelap dan terang dapat terlihat. Pada tahap ini digunakan panjang gelombang laser HeNe tetap yaitu 632,8 nm. Interferometer Michelson digunakan untuk mengukur nilai indeks bias ( $n$ ) nira kelapa kemudian disubstitusikan ke dalam persamaan grafik nira dan sukrosa standart sehingga dapat diketahui kadar sukrosa nira yang diuji. Hasil pengukuran kadar sukrosa nira kelapa kemudian dibandingkan dengan pengukuran lain yang telah dilakukan sebelumnya.

#### 3.4.5 Tahap Pengambilan Data

Pengambilan data umur tanaman dilakukan tanggal 7 Januari 2019 sore hari saat cuaca tidak terik melalui metode filotaksis. Metode ini dititikberatkan pada jumlah bekas pelepah daun yang diikat dari yang terbawah hingga atas. Kemudian dihitung jumlah alur bekas potongan pelepah yang membentuk lingkaran sehingga umur pohon dapat ditentukan melalui perhitungan rumus. Pengukuran umur

tanaman dilakukan satu kali untuk setiap pohon dan dilakukan oleh pemilik kebun.

Pengambilan data volume produksi nira yang dihasilkan saat penyadapan dilakukan selama enam hari berturut-turut pada pagi dan sore hari sejak tanggal 8 Januari 2019. Pengambilan data volume dilakukan setelah nira disaring bersih agar tidak tercampur kotoran lain. Pengambilan data dilakukan menggunakan gelas ukur 1 liter dan 100 ml. Hasil penyadapan nira yang berasal dari satu tandan diukur dan didata untuk penyadapan pagi dan sore masing-masing.

Pengambilan data tingkat keasaman (pH) nira kelapa menggunakan alat pH meter digital. Langkah melakukan pengambilan data menggunakan pH meter adalah mencelupkan ujung pH meter ke dalam larutan nira dan akan terlihat hasilnya di layar pH meter. Pengambilan data dilakukan pada hari kedua untuk pohon 1A, 1B, dan 1C di pagi hari bersamaan waktu nira dibawa ke laboratorium untuk diukur kadar kandungan sukrosanya. Pengukuran pH dilakukan sebanyak lima kali untuk mendapat nilai yang lebih akurat. Pada hari ketiga, nira pohon 2A, 2B, dan 2C diukur pH nya dan begitu seterusnya untuk nira pohon yang lain.

Pengukuran kadar sukrosa diawali dengan mengukur indeks bias nira. Pengambilan data indeks bias dilakukan dengan meletakkan sampel pada wadah posisi antara *beam splitter* dan *movable mirror* pada interferometer Michelson. Pengukuran ini dilakukan selama lima hari berturut-turut. Hari pertama dilakukan pengukuran untuk sukrosa standart, hari kedua yang diuji adalah nira pohon 1A, 1B, dan 1C, pada hari ketiga adalah nira pohon 2A, 2B, dan 2C, hingga hari kelima adalah nira dari pohon 4A, 4B, dan 4C. Hal ini dilakukan pengukuran indeks bias lebih akurat dan nira masih dalam keadaan segar. Sukrosa standart dan nira divariasasi dari konsentrasi 2%-12%. Pada konsentrasi 2% terdapat enam sampel dan begitu pula untuk konsentrasi lain sehingga didapatkan enam hasil pengukuran indeks bias untuk setiap konsentrasi. Tiap sampel bergantian diukur perubahan frinjinya dengan memutar mikrometer pada interferometer sampai jarak 10  $\mu\text{m}$  sehingga perubahan frinji terlihat pada layar pengamatan.

### 3.5 Metode Pengolahan dan Analisa Data

Pada penelitian ini, metode pengolahan dan analisa data dilakukan sebagai berikut :

#### 3.5.1 Penentuan Umur Tanaman

Menurut Makhrusin (2015), setiap tahunnya tanaman kelapa mengeluarkan rata-rata 12 lembar pelepah daun baru. Pada metode filotaksis umur tanaman kelapa dapat dihitung berdasarkan persamaan:

$$R = \frac{(N \times P)}{12} \quad (3.1)$$

dimana jumlah lilitan bekas potongan pelepah sampai di puncak dalam satu pohon disebut P dan jumlah pelepah dalam satu alur tegak lurus yang disebut dengan N. Data ditampilkan dalam bentuk tabel yang terdiri dari besaran setiap variabel yaitu N, P dan R. Kemudian dianalisis hubungan variabel N dan P terhadap R (umur) sehingga dapat diketahui variabel yang berperan untuk menentukan umur tanaman.

#### 3.5.2 Pengukuran Jumlah Volume Produksi Nira

Pengukuran volume produksi dilakukan pada pagi dan sore hari untuk setiap sampel pohon selama enam hari berturut-turut. Data akan ditampilkan dalam bentuk *chart* jumlah rata-rata produksi pada pagi dan sore hari untuk pohon 1A, 1B sampai 4C. Berdasarkan *chart* tersebut, dapat dianalisis pengaruh umur tanaman kelapa yang disadap terhadap jumlah (volume) nira yang dihasilkan. Diasumsikan semakin banyak volume nira yang dihasilkan maka semakin baik untuk disadap karena bahan baku nira lebih mudah didapatkan dalam satu kali penyadapan. Hal lain yang dianalisis adalah produksi nira dalam satu tandan diasumsikan mengalami penurunan karena semakin lama nira disadap volumenya akan berkurang. Langkah selanjutnya yaitu mengukur nilai pH pada nira kelapa. Hal ini dilakukan untuk mengetahui nira dalam keadaan baik atau tidak saat disadap. Hasil pengukuran berupa nilai pH untuk masing-masing pohon kelapa yang disadap ditampilkan dalam bentuk tabel yang dikelompokkan sesuai umur tanaman dan tandannya. Berdasarkan hasil pengukuran ini dapat dianalisis

bagaimana pengaruh pemberian pengawet dengan konsentrasi yang sama pada nira kelapa melalui nilai pH yang terukur.

### 3.5.3 Pembuatan Variasi Konsentrasi Larutan Sukrosa Standart dan Nira Kelapa

Metode yang digunakan untuk menentukan konsentrasi larutan sukrosa standart adalah :

$$C = \frac{m_a}{m_a+m_b} \times 100\% \quad (3.2)$$

dimana  $m_a$  adalah massa sukrosa standart (mg),  $m_b$  adalah massa air, dan C adalah konsentrasi larutan.

### 3.5.4 Pengukuran Kadar Sukrosa Nira Kelapa

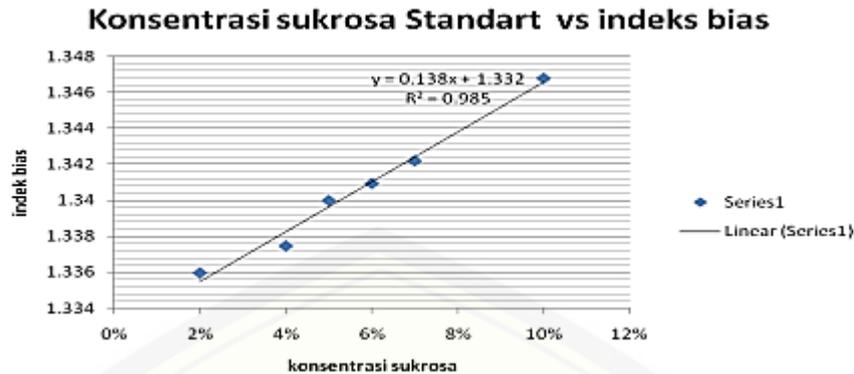
Pengukuran indeks bias yang dilakukan dengan menggunakan interferometer Michelson maka perubahan lintasan optik berupa frinji terjadi hanya bergantung pada perubahan konsentrasi larutan dengan menggunakan menggunakan persamaan

$$\Delta N = \frac{2L}{\lambda} (n - n_0) \quad (3.3)$$

dengan  $n_0$  indeks bias akuades sehingga nilai indeks bias dapat ditentukan tiap perubahan konsentrasi sukrosa. Dari persamaan tersebut dapat ditentukan nilai indeks bias (n) bahan sebesar :

$$n = \frac{\Delta N \lambda}{2L} + n_0 \quad (3.4)$$

Pengukuran kadar sukrosa dilakukan dengan mengukur nilai indeks bias nira kelapa. Data perubahan frinji akibat pergeseran skala mikrometer sebesar 10  $\mu\text{m}$  dicatat sebagai N . Besar N tersebut dikurangi N untuk pengukuran akuades sehingga diketahui nilai  $\Delta N$  untuk setiap konsentrasi yang diukur, lalu dihitung nilai indeks bias rata-rata setiap konsentrasi sehingga akan memunculkan grafik hubungan konsentrasi dan nilai indeks bias. Pada grafik ini akan muncul persamaan garis lurus  $y = mx + c$ . Dari grafik ini dapat dianalisis hubungan konsentrasi dan indeks bias berupa berbanding lurus atau terbalik. Indeks bias pada setiap konsentrasi ditampilkan dalam grafik seperti yang telah dilakukan oleh Mutmainah dkk (2015) berikut :



Gambar 3.5 Grafik konsentrasi sukrosa standart vs indeks bias pada penelitian Mutmainah dkk (2015)

Cara mendapatkan kadar sukrosa larutan nira murni diperoleh melalui perhitungan. Saat nilai  $x$  pada grafik nira kelapa masing-masing tandan dimasukkan angka 100% maka muncul nilai indeks bias sebesar  $y_1$ . Nilai 100% yang dimasukkan ke dalam persamaan ini diasumsikan bahwa konsentrasi nira yang diuji adalah nira dalam keadaan murni. Nilai  $y_1$  tersebut kemudian disubstitusikan ke dalam persamaan  $y_2 = mx + c$  yaitu persamaan sukrosa standart sehingga dapat diketahui nilai  $x$  yang diasumsikan merupakan kadar murni sukrosa yang terkandung dalam nira. Hasil pengukuran didapat kadar sukrosa untuk setiap sampel 1A sampai 4C. Analisis hubungan umur tanaman terhadap kadar sukrosa nira yang dihasilkan dianalisis dengan membandingkan kadar sukrosa yang dihasilkan untuk setiap pohon dan dilihat pengaruh pH dan volume produksi juga sebagai pertimbangan analisis.

Kesimpulan dari seluruh pengukuran yaitu dapat diketahui jumlah (volume) produksi nira rata-rata pada berbagai umur tanaman dan kadar sukrosa yang dihasilkan sebagai komponen penting dalam menentukan kualitas nira kelapa sebagai bahan baku produksi gula kelapa. Kemudian dapat ditentukan umur tanaman kelapa yang produktif dan tidak produktif untuk disadap berdasarkan hasil penelitian ini.

## BAB 5. PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang didapat dari penelitian ini bahwa volume produksi nira dipengaruhi oleh umur tanaman saat disadap. Pohon 1 menghasilkan nira dengan volume paling sedikit dibandingkan Pohon 2, Pohon 3, dan Pohon 4. Dengan pemberian pengawet yang sama pada keempat pohon menghasilkan nira dengan pH 6-7. Pengukuran kadar sukrosa yang dilakukan pada keempat pohon berada pada 12,01%-18,95%. Berdasarkan nilai pH dan kadar sukrosa yang dihasilkan pada penelitian nira yang disadap memenuhi SNI yang ditetapkan sehingga nira dapat dikatakan dalam keadaan baik.

### 5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang didapatkan maka saran untuk penyempurnaan penelitian lebih lanjut tentang pengaruh umur tanaman kelapa ini antara lain :

1. Pengukuran kadar sukrosa nira yang diambil pada sore hari perlu dilakukan, sehingga dapat dibandingkan kadar sukrosa nira hasil sadapan pagi dan sore hari.
2. Diperlukan faktor lain seperti ketinggian tempat dan geografis wilayah sehingga dapat dijadikan referensi tambahan untuk melengkapi data tanaman kelapa yang produktif dan tidak produktif digunakan sebagai bahan baku gula kelapa.
3. Pengukuran kadar sukrosa dapat dilakukan menggunakan alat atau metode yang lebih sederhana dan digital untuk memudahkan pengukuran.
4. Penelitian ini belum mampu menjelaskan perubahan kadar sukrosa setelah nira dimasak menjadi gula kelapa sehingga dapat dijadikan referensi untuk dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai perubahan kadar sukrosa dari nira menjadi gula kelapa setelah proses pemasakan atau karakteristik kualitas nira berdasarkan warna gula kelapa yang dicetak.

## DAFTAR PUSTAKA

- Aristya, E. V., P. Djoko, Suprianto dan Taryono. 2013. Kajian Aspek Budidaya dan Identifikasi Keragaman Morfologi Tanaman Kelapa (*Cocos Nucifera L*) di Kabupaten Kebumen. *Jurnal Vegetalika*. 2(1): 101-105.
- Arkundato, A. 2007. *Optika*. Jakarta: Universitas Terbuka.
- Arwianto, A. 2013. Perbandingan Produksi Nira Dari Pohon Aren (*Arenga pinnata*) Berdasarkan Waktu Pengambilan. *Skripsi*. Samarinda: Politeknik Pertanian Negeri Samarinda.
- Astuti, Y. 2013. Nira. *Report*. Purwokerto: Fakultas Pertanian Jurusan Teknologi Pertanian Universitas Jenderal Soedirman.
- Atjung. 1991. *Tanaman Pengolahan Pangan Nabati Tepat Guna*. Jakarta: Akademik Presindo.
- Atmaja, K. M. R. 2015. Pengaruh Perbandingan Gula Pasir (Sukrosa) dengan Gula Merah (Gula Aren) Terhadap Karakteristik Noga Kacang Hijau (*Phaseolus radiatus L.*). *Skripsi*. Bandung: Fakultas Teknik Universitas Pasundan.
- Badan Pusat Statistik. 2015. *Luas Panen, Produksi dan Produktivitas Perkebunan Kelapa Berdasarkan Kecamatan di Kabupaten Jember Tahun 2014*. Jember : Kantor Pusat Statistik.
- Badan Standarisasi Nasional. 1995. *Standar Nasional Indonesia: Gula Palma. SNI 01-3743-1995*. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. 1995. *Gula Kelapa Kristal SII 0268-85*. Jakarta.
- Bappenas. 2014. *Rencana pembangunan jangka menengah nasional (RPJMN) bidang pangan dan pertanian tahun 2015-2019*. Jakarta: Direktorat Pangan dan Pertanian Bappenas.
- Darwin, P. 2013. *Menikmati Gula Tanpa Rasa Takut*. Sinar Ilmu: Perpustakaan Nasional.
- Deptan. 2014. Prospek Ekspor Gula Merah. <http://deptan.go.id/+Prospek-Ekspor-Gula-Merah>. [Diakses 27 Oktober 2018].
- Dyanti. 2002. Studi komparatif gula merah kelapa dan gula merah aren. *Skripsi*. Bogor: Jurusan Teknologi Pangan dan Gizi, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor: 26-40.

- 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*. Malang : Universitas Negeri Malang. 2(3): 54-64.
- Falah, M. 2006. Analisa Pola Interferensi Pada Interferometer Michelson untuk Menentukan Panjang Gelombang Sumber Cahaya. *Thesis*. Universitas Diponegoro: Jurusan Fisika.
- Fauzan, R. A., A. R. Hilmi, S. R. A. Rani, dan G. Prajitno. 2016. Cincin Newton. *Laporan Praktikum*. Hal: 1-5.
- Giancoli. 1999. *Fisika Jilid 2*. Jakarta: Erlangga.
- Ginting, J. L. A. 2011. Budidaya dan Pengolahan Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq) di PT Subur Arum Makmur Kebun Senamanenek -I Ciliandra Perkasa Group Kampar Riau. *Thesis*. Politeknik Pertanian Negeri Payakumbuh
- Hadisunarso, Ir. 2018. *Morfologi Tumbuhan (Edisi 2)*. Tangerang Selatan: Universitas Terbuka. ISBN 978-602-392-146-1.
- Halliday, D. dan Resnick. 2003. *Physics*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Halliday, D., Resnick, dan J. Walker. 2012. *Dasar-Dasar Fisika*. Jakarta: Binarupa Aksara.
- Hasibuan, A. H. R. 2012. Modernisasi jaringan Akses Tembaga Dengan Fiber Optik Sampai Dengan ke Pelanggan. *Skripsi*. Medan: Universitas Sumatera Utara.
- Hecht, E.. 1992. *Optics, 2<sup>nd</sup> edition*. Addison Wesley.
- Hermawan, A. 2009. Perbedaan Gula Kelapa dan Gula Putih. <http://www.warintek.ristek.go.id/perbedaan-gula-kelapa-dan-gula-putih.html> [Diakses 12 Oktober 2018].
- Herwandi. 2011. Analisa Proses Pemotongan Sintering pada Bahan Polymer menggunakan Laser Dioda Daya Rendah. *Thesis*. Jakarta: Universitas Indonesia.
- Hidayat, W., Drajat, S.T, M.T, dan B. Setiyono, S.T, M.T. 2011. Simulasi Fenomena Difraksi Cahaya Pada Celah Tunggal dan Celah Ganda. *Makalah Seminar Tugas Akhir*. Semarang: Universitas Diponegoro.

- Ihsanto, E. dan S. Hidayat. 2014. Rancang Bangun Sistem Pengukuran Ph Meter Dengan Menggunakan Mikrokontroler Arduino Uno. *Jurnal Elektro*. Universitas Mercu Buana. 5(3): 139-146.
- ILO. 2014. *Program Pembangunan berbasis Masyarakat Fase II: Implementasi Institusionalisasi Pemanfaatan Mata Pencaharian yang Lestari untuk Masyarakat Papua*. Papua: PCdP2 UNDP.
- Issoesetiyo dan T. Sudarto. 2001. *Gula Kelapa Produk Industri Hilir Sepanjang Masa*. Surabaya: Arkola.
- Jati, P. Dian, Suliyanto, dan W. Novandari. 2015. Pertimbangan Konsumen Dalam Membeli Produk Gula Kelapa di Kabupaten Banyumas. *Jurnal Ekonomi dan Pembangunan* . 23(2).
- Jenkins, F.A., dan White, H.E. 1976. *Fundamentals of Optics*. New York: Mc Graw-Hill, Inc.
- Karastogianni, S., S. Girousi, dan S. Sotiropoulos. 2016. *pH: Principles and Measurement*. Greece: University of Thessaloniki, Thessaloniki
- Karseno dan Herminanto.2016. Pendampingan Penerapan Pengawet Nira Alami Tangkis Pada Perajin Gula Kelapa Di Desa Limpakuwus Kecamatan Sumbang, Kabupaten Banyumas. *Jurnal Prosiding Seminar Nasional dan Call for Papers*. Purwokerto: Fakultas Pertanian Universitas Jenderal Soedirman.
- Karseno, Retno S., dan Pepita H. 2013. Penggunaan Bubuk Kulit Buah Manggis sebagai Laru Alami Nira terhadap Karakteristik Fisik dan Kimia Gula Kelapa. *Jurnal Pembangunan Desa*. Unsoed: Program Studi Ilmu dan Teknologi Pangan Jurusan Teknologi Pertanian. 3(1): 27-38.
- Kartika, A. M. 2017. Pengaruh Penambahan Ekstrak Bunga Kecombrang (*Eclingera etlatior*) Terhadap Sifat Fisikokimia Gula Semut Kelapa. *Skripsi*. Yogyakarta: Fakultas Peternakan Dan Pertanian Universitas Diponegoro.
- Kementerian Perindustrian. 2017. 2017, Konsumsi Gula Diperkirakan 5,7 Juta Ton. <https://databoks.katadata.co.id/datapublish/2017/07/11/2017-konsumsi-gula-diperkirakan-57-juta-ton>. [Diakses bulan Oktober 2018].
- Kementerian Perindustrian. 2017. Naik 27 Persen, Ekspor Gula Semut Nasional Lampau USD 48 Ribu. <http://www.kemenperin.go.id/artikel/19197/Naik-27-Persen,-Ekspor-Gula-Semut-Nasional-Lampau-USD-48-Ribu> [Diakses tanggal 21Oktober 2018].

- Kusdianti, R. 2012. *Handout\_Mortum\_2: II Daun*. Direktori File UPI FMIPA Jurusan Biologi.
- Mardiatmoko, G dan M. Ariyanti. 2018. *Produksi Tanaman Kelapa (Cocos nucifera L.)* Ambon : Badan Penerbit Fakultas Pertanian Universitas Pattimura. ISBN : 978-602-8403-24-5.
- Mashud, N dan Matana, Y. R. 2018. Produktivitas Nira Beberapa Aksesori Kelapa Genjah. *Jurnal Penelitian*. Bogor: Pusat Penelitian dan Pengembangan Perkebunan Kementerian Pertanian Republik Indonesia.
- Najwa, N. 2017. Ini Kandungan dan Manfaat Air Nira Kelapa. <https://layarberita.com/2017/02/09/ini-kandungan-dan-manfaat-air-nirakelapa/> [Diakses tanggal 16 November 2018].
- Makhrusin, A. 2015. Analisis Usaha Industri Gula Kelapa Skala Rumah Tangga di Desa Penuguan kabupaten Banyuwangi. *Skripsi*. Universitas Sriwijaya: Program Studi Agribisnis.
- Marsigit, W. 2005. Penggunaan Bahan Tambahan Pada Nira dan Mutu gula Aren yang Dihasilkan di Beberapa Sentra Produksi di Bengkulu. *Jurnal Penelitian. Lembaga Penelitian Universitas Bengkulu*. ISSN: 0852-405X. 11(1): 42-48.
- Mataliuk, B. 2016. Pengaruh Penambahan Sumber Makanan Bioaktivator yang Berbeda Terhadap Kualitas Kompos Feses Sapi. *Skripsi*. Riau: Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim.
- Minarni, Saktioto, dan G. Lestari. 2013. Pengukuran Panjang Gelombang Cahaya Laser Dioda Menggunakan Kisi Difraksi Refleksi dan Transmisi. *Prosiding Semirata FMIPA Universitas Lampung. Jurusan Fisika FMIPA Universitas Riau*: 167-171
- Muchtadi, Tien R. dan Sugiyono. 1992. *Ilmu Pengetahuan Bahan Pangan*. Bogor: IPB.
- Mussa, R. 2014. Kajian Tentang Lama Fermentasi Nira Aren (*Arenga pinnata*) Terhadap Kelimpahan Mikroba dan Kualitas Organoleptik Tuak. *Biopendix*. 1 (1): 54-58.
- Mutmainah, I. Rofi'i, E. Purwandari, dan U. Nurviana. 2015. Perancangan Aplikasi Pengukuran Kadar Gula (Sukrosa) Nira Tebu dengan Sistem Polariser Dilanjutkan dengan Menggunakan Sistem Interferometer Michelson Presisi Tinggi. *Lecturer Research Report*. Jember: Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

- Muzaifa, M., P. Heru, Widayat dan Maswida. 2012. Pengaruh Penggunaan Bahan Pengawet Alami dan Sintetik Terhadap Kualitas Nira Aren. *Disertasi*. Banda Aceh: Jurnal Teknologi dan Industri Pertanian Indonesia Jurusan Teknologi Hasil Pertanian. Fakultas Pertanian Unsyiah Darussalam. ISSN: 2085-4927, 4(1): 6-12.
- Muzayyinah. 2008. *Terminologi tumbuhan*. Surakarta: Lpp. Universitas Negeri Surakarta Press.
- Nasution, O. 2009. Kajian Pengembangan Komoditi Gula Aren untuk Pemberdayaan Industri & Rumah Tangga dan Industri Kecil di Kabupaten Mandailing Natal. Medan: *Laporan Penelitian*. Balai Riset dan Standardisasi Industri Medan Kementerian Perindustrian.
- Novestiana, T dan E. Hidayanto. 2015. Penentuan Indeks Bias dari Konsentrasi Sukrosa ( $C_{12}H_{11}O_{11}$ ) Pada Beberapa Sari Buah Menggunakan Portable Brixmeter. *Youngster Physics Journal*. ISSN : 2302-7371. 4(2): 173-180
- Nugraheni, F. A., H. Setijono, dan A. M. Hatta. 2012. Perancangan Sistem Pengukuran Konsentrasi Larutan Gula dengan Menggunakan Interferometer Michelson. *Jurnal Teknik Pomits*. 1(1): 1-5.
- Palungkun, R. 2003. *Aneka Produk Olahan Kelapa*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Pedrotti, F. L. 1993. *Introduction to Optics: 2<sup>nd</sup> Edition*. New Jersey: Prentice-Hall.
- Phywe, 2006. *Fabry-Perot Interferometer*. *Phywe Handbook*. Phywe Series of Publication.
- Poedjiadi, A., dan T. F. M., Supriyanti. 2009. *Dasar-dasar Biokimia*. Jakarta: Universitas Indonesia.
- Pradnyana, A., K. Diatmika, O. A. Parwata, dan N. Sudarma. 2014. Penentuan Kadar Sukrosa Pada Nira Kelapa dan Nira Aren Menggunakan Metode Luff Schoorl. *Jurnal Chemistry Laboratory*. ISSN: 2356-0460.1(1): 38-41.
- Putri, C. F., H. Prayuginingsih, dan S. Hadi. 2018. Analisis Pemasaran Agroindustri Rumah Tangga Gula Kelapa di Kecamatan Wuluhan Kabupaten Jember. *Skripsi*. Jember: Program Studi Agribisnis UM Jember. ISSN: 2581-1339 (Print), ISSN: 2615-4862 (Online).
- Putri, L. M. A., T. Prihandono, dan B. Supriadi. 2017. Pengaruh Konsentrasi Larutan terhadap Laju Kenaikan Suhu Larutan. *Jurnal Pembelajaran Fisika*. Program Studi Pendidikan Fisika FKIP Universitas Jember. 6(2): 147-153.

- Rachmat, M. 1991. Pengusahaan Gula Kelapa Sebagai Suatu Alternatif Pendayagunaan Kelapa: (Studi Kasus di Kabupaten Ciamis dan Blitar). *Jurnal Penelitian Agro Ekonomi*. 9(1): 18-26.
- Rasanjani, D. 2009. Kajian Pengukuran Ketebalan Lapisan Tipis Berbasis Interferometrik. *Skripsi*. Surakarta: Universitas Sebelas Maret.
- Rukmana, H., H. Herdi, H. Rahmat, dan Yudirachman. 2004. *Budidaya Kelapa Kopyor*. Semarang: Penerbit Aneka Ilmu.
- Santoso, H.B. 1993. *Pembuatan Gula Kelapa*. Penerbit Kanisius. Yogyakarta.
- Serway, R. A. dan J. W. Jewett. 2004. *Physic for Scientists and Engineers, 6<sup>th</sup> Edition*. California: Thomson Brook/Cole.
- Setyaningsih, A., I. Marhaendrajaya, dan K. S. Firdausi. 2007. Pengukuran Panjang Koherensi Menggunakan Interferometer Michelson. *Jurnal Berkala Fisika*. ISSN : 1410-9662, 10(4): 169-173.
- Setyawan, A. dan R. Ninsix S.Tp, MP. 2016. Studi Pengawetan Alami Pada Nira Terhadap Mutu Gula Kelapa yang Dihasilkan. *Jurnal Teknologi Pertanian*. 5(2): 1-10.
- Suhardiyono, L. 1988. *Tanaman Kelapa, Budidaya dan Pemanfaatannya*. Yogyakarta: Penerbit Kanisius: 153-156.
- Soedjojo, P. 1992. *Asas-Asas Ilmu Fisika Jilid 4 Fisika Modern*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Sugito, H., W. S. Budi, K. S. Firdausi, dan S. Mahmudah. 2005. Pengukuran Panjang Gelombang Sumber Cahaya Berdasarkan Pola Interferensi Celah Banyak. *Jurnal Berkala Fisika*. ISSN: 1410-9662, 8(2): 37-44.
- Suparmo, Tranggono, S., Haryadi, A. Murdiati, S. Sudarmadji, Rahayu, S. Naruki, dan M. Astuti. 1991. *Bahan Tambahan Makanan (Food Additive)*. Yogyakarta: PAU Pangan dan Gizi UGM.
- Syukri, S. 1999. *Kimia Dasar*. Bandung: ITB.
- Syafitri, P. R. 2017. Sifat Mikro-Kimiawi Gula Semut Kelapa dengan Penambahan Ekstrak Bunga Kecombrang pada Nira Kelapa. *Skripsi*. Yogyakarta: Repository Fakultas Peternakan Dan Pertanian Universitas Diponegoro.
- Ta'lin, T. 2013. Modifikasi dan Perbaikan Kinerja Alat Pengiris Mayang Kelapa Untuk Menyadap Nira. *Jurnal Agritech*. 33(4): 477-482.

- Tsalatsin, M. N. 2014. Penentuan Panjang Gelombang Sinar Interferensi Celah Ganda Sederhana. *Jurnal Fisika*. 4(2): 69-73.
- Tipler, P. A. 1991. *Fisika Untuk Sains dan Teknik Jilid 2 (alih bahasa Dr. Bambang Soegijono)*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Tjitrosoepomo, G. 2007. *Morfologi Tumbuhan*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Warisno. 2003. *Budidaya Kelapa Genjah*. Yogyakarta: Kanisius.
- Yonandra, V. 2012. Analisis Ekonomi Gula Kelapa di Desa Langkap Kecamatan Bumiayu Kabupaten Brebes. *Skripsi*. Purwokerto: Universitas Muhammadiyah Purwokerto.
- Zuliandi, F. 2014. Analisis Usaha Pengolahan Gula Kelapa Skala Rumah Tangga Di Desa Ujung Genteng, Kabupaten Sukabumi, Jawa Barat. *Skripsi*. Bogor: Departemen Agribisnis Fakultas Ekonomi dan Manajemen Institut Pertanian Bogor.

**LAMPIRAN A****A.1 Penentuan Umur Tanaman**

Penentuan umur dilakukan menggunakan metode filotaksis. Data hasil perhitungan umur tanaman menggunakan persamaan 3.1 sebagai berikut :

Diketahui :

$$N = 5$$

$$\text{Faktor pembagi} = 12$$

Maka :

a. Pohon 1

$$P = 144$$

$$\text{Umur pohon 1 adalah } R = \frac{(NxP)}{12} = \frac{(5 \times 144)}{12} = \mathbf{60 \text{ tahun}}$$

b. Pohon 2

$$P = 110$$

$$\text{Umur pohon 2 adalah } R = \frac{(NxP)}{12} = \frac{(5 \times 110)}{12} = 45,8 \text{ tahun}$$

Dalam satu tahun terdapat 12 bulan, maka :

$$0,8 \text{ tahun} = 0,8 \times 12 \text{ bulan} = 9,6 \text{ bulan}$$

Dalam satu bulan terdapat 30-31 hari. Kita rata-rata 30 hari, maka :

$$0,6 \text{ bulan} = 0,6 \times 30 \text{ hari} = 18 \text{ hari}$$

Sehingga umur pohon 1 adalah **45 tahun 9 bulan 18 hari**

c. Pohon 3

$$P = 96$$

$$\text{Umur pohon 3 adalah } R = \frac{(NxP)}{12} = \frac{(5 \times 96)}{12} = \mathbf{40 \text{ tahun}}$$

d. Pohon 4

$$P = 66$$

$$\text{Umur pohon 4 adalah } R = \frac{(NxP)}{12} = \frac{(5 \times 66)}{12} = 27,5 \text{ tahun}$$

Dalam satu tahun terdapat 12 bulan, maka :

$$0,5 \text{ tahun} = 0,5 \times 12 \text{ bulan} = 6 \text{ bulan}$$

Sehingga umur pohon 4 adalah **27 tahun 6 bulan**

## A.2 Jumlah (Volume) Produksi Nira

Data hasil pengukuran volume produksi nira kelapa diberikan dalam tabel 4.1 dengan  $x$  adalah banyaknya jumlah volume nira yang dihasilkan setiap tandan selama 6 hari berturut-turut,  $\bar{x}$  adalah banyaknya rata-rata volume yang dihasilkan masing-masing pohon kelapa, dan  $\Delta\bar{x}$  merupakan besar ketidakpastian pengukuran berulang sebagai koreksi kesalahan pengukuran.

Tabel A.1 Jumlah produksi nira empat pohon kelapa

Pohon	Tandan	Hari ke-	jumlah (liter)		x/hari (liter)	$\bar{x}$ (liter)	$\Delta\bar{x}$
			pagi	sore			
1	A	1	0,45	0,15	0,60	0,58	$1,33 \times 10^{-2}$
		2	0,45	0,18	0,63		
		3	0,44	0,14	0,58		
		4	0,42	0,14	0,56		
		5	0,44	0,12	0,56		
		6	0,42	0,12	0,54		
	B	1	0,40	0,15	0,55	0,50	$1,18 \times 10^{-2}$
		2	0,40	0,12	0,52		
		3	0,38	0,10	0,48		
		4	0,38	0,10	0,48		
		5	0,38	0,11	0,49		
		6	0,37	0,11	0,48		
	C	1	0,39	0,14	0,53	0,52	$0,72 \times 10^{-2}$
		2	0,39	0,16	0,55		
		3	0,39	0,14	0,53		
		4	0,38	0,14	0,52		
		5	0,37	0,13	0,50		
		6	0,38	0,13	0,51		
2	A	1	0,96	0,45	1,41	1,39	$1,48 \times 10^{-2}$
		2	0,98	0,44	1,42		
		3	0,92	0,40	1,32		
		4	0,94	0,45	1,39		
		5	0,95	0,46	1,41		
		6	0,96	0,43	1,39		
	B	1	0,96	0,44	1,40	1,38	$1,24 \times 10^{-2}$
		2	0,98	0,44	1,42		
		3	0,92	0,41	1,33		
		4	0,94	0,44	1,38		
		5	0,95	0,42	1,37		
		6	0,96	0,42	1,38		

Pohon	Tandan	Hari ke-	jumlah (liter)		x/hari (liter)	$\bar{x}$ (liter)	$\overline{\Delta x}$
			pagi	sore			
3	C	1	0,80	0,40	1,20	1,24	$1,28 \times 10^{-2}$
		2	0,86	0,40	1,26		
		3	0,85	0,41	1,26		
		4	0,80	0,40	1,20		
		5	0,85	0,42	1,27		
		6	0,84	0,40	1,24		
	A	1	1,00	0,60	1,60	1,65	$1,05 \times 10^{-2}$
		2	1,00	0,67	1,67		
		3	1,00	0,67	1,67		
		4	1,00	0,65	1,65		
		5	1,00	0,65	1,65		
		6	1,00	0,65	1,65		
	B	1	1,10	0,65	1,75	1,66	$1,97 \times 10^{-2}$
		2	1,00	0,65	1,65		
		3	1,00	0,67	1,67		
		4	0,98	0,65	1,63		
		5	0,99	0,64	1,63		
		6	0,98	0,64	1,62		
C	1	0,97	0,65	1,62	1,62	$7,15 \times 10^{-2}$	
	2	0,98	0,65	1,63			
	3	0,98	0,67	1,65			
	4	1,00	0,63	1,63			
	5	0,98	0,63	1,61			
	6	0,98	0,62	1,60			
4	A	1	2,10	0,80	2,90	2,68	$5,67 \times 10^{-2}$
		2	2,00	0,71	2,71		
		3	2,00	0,76	2,76		
		4	1,85	0,71	2,56		
		5	1,85	0,80	2,65		
		6	1,80	0,72	2,52		
	B	1	1,80	0,80	2,60	2,64	$1,30 \times 10^{-2}$
		2	1,76	0,85	2,61		
		3	1,78	0,90	2,68		
		4	1,82	0,82	2,64		
		5	1,82	0,85	2,67		
		6	1,78	0,85	2,63		
C	1	1,80	0,87	2,67	2,63	$1,34 \times 10^{-2}$	
	2	1,78	0,85	2,63			
	3	1,70	0,90	2,60			
	4	1,80	0,82	2,62			

5	1,83	0,82	2,65
6	1,78	0,80	2,58

### A.3 Tingkat Keasaman (pH) Nira Kelapa

Data hasil pengukuran pH nira kelapa diberikan dalam tabel 4.1 dengan  $pH$  adalah besar pH rata-rata masing-masing pohon kelapa, dan  $\Delta\overline{pH}$  merupakan besar ketidakpastian berulang sebagai koreksi kesalahan pengukuran.

Tabel A.2 Pengukuran tingkat Keasaman (pH) nira

Pohon	Tandan	Pengukuran PH ke					$pH$	$\overline{pH}$	$\Delta\overline{pH}$
		1	2	3	4	5			
1	A	6,69	6,69	6,68	6,67	6,68	6,68	6,77	0,14
	B	6,73	6,73	6,71	6,71	6,72	6,72		
	C	6,91	6,91	6,92	6,91	6,90	6,91		
2	A	6,28	6,28	6,28	6,28	6,26	6,28	6,29	0,02
	B	6,30	6,30	6,30	6,29	6,29	6,30		
	C	6,31	6,31	6,30	6,30	6,30	6,30		
3	A	6,23	6,23	6,23	6,22	6,22	6,23	6,25	0,05
	B	6,25	6,26	6,25	6,26	6,24	6,25		
	C	6,27	6,27	6,27	6,27	6,27	6,27		
4	A	5,98	5,97	5,98	5,97	5,97	5,97	6,00	0,07
	B	5,97	5,97	5,95	5,95	5,95	5,96		
	C	6,07	6,07	6,07	6,07	6,07	6,07		

### A.4 Pembuatan Sampel Sukrosa Standart dan Nira Berbagai Konsentrasi

Pembuatan sampel sukrosa standart dan larutan nira pada konsentrasi 2%-12% dilakukan menggunakan persamaan 3.2 dengan menghitung massa akuades dan sukrosa standart/ nira menggunakan neraca massa. Hasil perhitungan massa sukrosa standart dan nira dan akuades sebagai berikut :

Tabel A.3 Pembuatan sampel berbagai konsentrasi

No	Konsentrasi Larutan	Massa sukrosa standart/ Nira (gram)	Massa akuades (gram)
1	0%	0	10
2	2%	0,2	9,8
3	4%	0,4	9,6
4	6%	0,6	9,4
5	8%	0,8	9,2
6	10%	1,0	9,0
7	12%	1,2	8,8

## A.5 Kadar Sukrosa Nira Kelapa

Pengukuran kadar sukrosa nira kelapa dilakukan dengan menentukan nilai indeks bias nira kelapa pada variasi konsentrasi 2%-12% dan nilai indeks bias sukrosa standart pada konsentrasi 0%-12% sebagai acuan pengukuran kadar sukrosa yang dihitung. Kemudian mensubstitusikan persamaan linear nira ( $y_1$ ) ke dalam persamaan sukrosa standart ( $y_2$ ) sehingga diketahui nilai  $x$  yang merupakan konsentrasi 100% atau murni. Nilai  $\Delta N$  dihitung dari selisih jumlah frinji yang bergeser pada satu konsentrasi tertentu terhadap  $N$  akuades (0%).

### A.5.1 Pengukuran Indeks Bias Sukrosa Standart

Pengukuran Indeks bias sukrosa standart dilakukan pada hari pertama penelitian dengan sukrosa standart dibeli dari Toko Aneka Kimia. Data hasil eksperimen pengukuran indeks bias sukrosa standart diberikan dalam tabel A.4 dan gambar A.1 berikut :

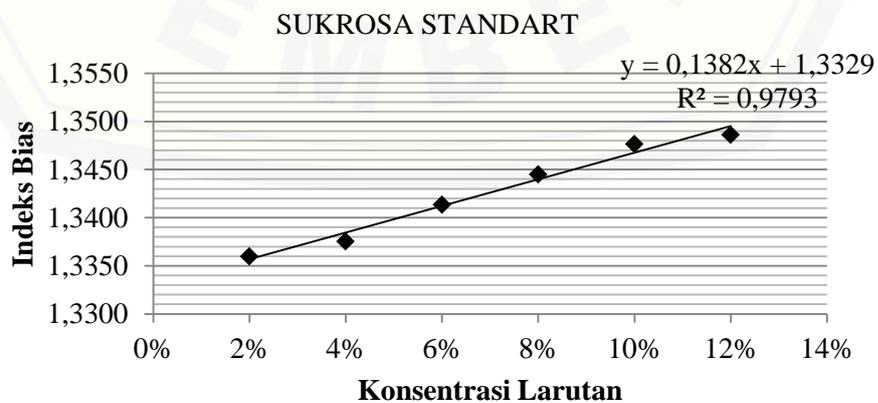
Tabel A.4 Pengukuran indeks bias sukrosa standart

C	Uji ke-	N	$\Delta N$	$n_o$	L (cm)	$\lambda$ (nm)	n	$\bar{n}$	$\Delta \bar{n}$ ( $10^{-4}$ )
0%	1	30	0	1,3328	0,5	632,8	1,3328	1,3328	0
	2	30	0	1,3328	0,5	632,8	1,3328		
	3	30	0	1,3328	0,5	632,8	1,3328		
	4	30	0	1,3328	0,5	632,8	1,3328		
	5	30	0	1,3328	0,5	632,8	1,3328		
2%	1	32	2	1,3328	0,5	632,8	1,3360	1,3360	0
	2	32	2	1,3328	0,5	632,8	1,3360		
	3	32	2	1,3328	0,5	632,8	1,3360		
	4	32	2	1,3328	0,5	632,8	1,3360		
	5	32	2	1,3328	0,5	632,8	1,3360		
4%	1	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375	1,3375	0
	2	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375		
	3	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375		
	4	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375		
	5	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375		
6%	1	35	5	1,3328	0,5	632,8	1,3407	1,3413	3,87
	2	35	5	1,3328	0,5	632,8	1,3407		
	3	35	5	1,3328	0,5	632,8	1,3407		
	4	36	6	1,3328	0,5	632,8	1,3423		
	5	36	6	1,3328	0,5	632,8	1,3423		

C	Uji ke-	N	$\Delta N$	$n_o$	L (cm)	$\lambda$ (nm)	n	$\bar{n}$	$\Delta \bar{n}$ ( $10^{-4}$ )
8%	1	37	7	1,3328	0,5	632,8	1,3439	1,3445	3,87
	2	37	7	1,3328	0,5	632,8	1,3439		
	3	38	8	1,3328	0,5	632,8	1,3454		
	4	38	8	1,3328	0,5	632,8	1,3454		
	5	37	7	1,3328	0,5	632,8	1,3439		
10%	1	39	9	1,3328	0,5	632,8	1,3470	1,3477	3,87
	2	39	9	1,3328	0,5	632,8	1,3470		
	3	39	9	1,3328	0,5	632,8	1,3470		
	4	40	10	1,3328	0,5	632,8	1,3486		
	5	40	10	1,3328	0,5	632,8	1,3486		
12%	1	40	10	1,3328	0,5	632,8	1,3486	1,3486	0
	2	40	10	1,3328	0,5	632,8	1,3486		
	3	40	10	1,3328	0,5	632,8	1,3486		
	4	40	10	1,3328	0,5	632,8	1,3486		
	5	40	10	1,3328	0,5	632,8	1,3486		

Keterangan :

- C = konsentrasi larutan
- $n_o$  = indeks bias akuades
- N = jumlah frinji terbentuk
- $\Delta N$  = perubahan frinji per konsentrasi terhadap akuades
- L = Tebal penampang wadah sampel
- $\lambda$  = panjang gelombang laser
- n = indeks bias larutan
- $\bar{n}$  = indeks bias rata rata
- $\Delta \bar{n}$  = ketidak pastian pengukuran berulang



Gambar A.1 Grafik sukrosa standart ( konsentrasi larutan terhadap indeks bias)

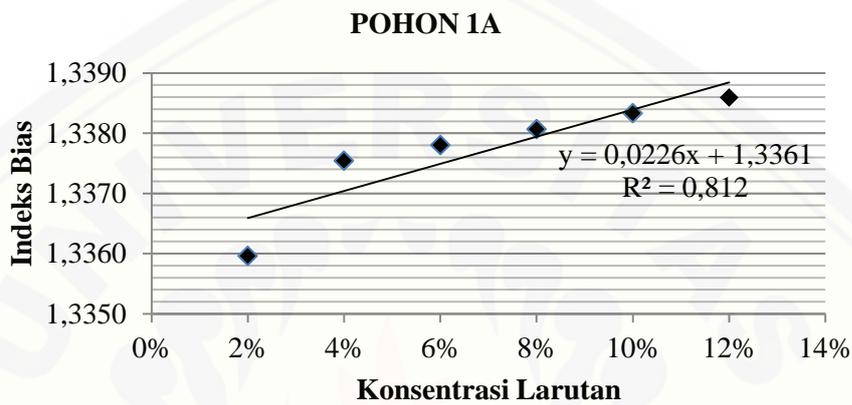
## A.5.2 Pengukuran Indeks Bias dan Kadar Sukrosa Pohon 1

Pada hari kedua dilakukan pengukuran nilai indeks bias nira Pohon 1 (umur 60 tahun) dengan tiga tandan yang disadap. Data hasil pengukuran indeks bias dan kadar sukrosa nira kelapa Pohon 1A ditampilkan pada tabel A.5, A.6 untuk Pohon 1B, dan A.7 untuk Pohon 1C.

Tabel A.5 Indeks bias nira kelapa Pohon 1A

C	Uji ke-	N	$\Delta N$	$n_o$	L (cm)	$\lambda$ (nm)	n	$\bar{n}$	$\Delta \bar{n}$ ( $10^{-4}$ )
2%	1	32	2	1,3328	0,5	632,8	1,3360	1,3360	0
	2	32	2	1,3328	0,5	632,8	1,3360		
	3	32	2	1,3328	0,5	632,8	1,3360		
	4	32	2	1,3328	0,5	632,8	1,3360		
	5	32	2	1,3328	0,5	632,8	1,3360		
	6	32	2	1,3328	0,5	632,8	1,3360		
4%	1	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375	1,3375	0
	2	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375		
	3	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375		
	4	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375		
	5	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375		
	6	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375		
6%	1	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375	1,3378	2,634
	2	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375		
	3	34	4	1,3328	0,5	632,8	1,3391		
	4	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375		
	5	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375		
	6	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375		
8%	1	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375	1,3381	3,332
	2	34	4	1,3328	0,5	632,8	1,3391		
	3	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375		
	4	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375		
	5	34	4	1,3328	0,5	632,8	1,3391		
	6	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375		
10%	1	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375	1,3383	3,534
	2	34	4	1,3328	0,5	632,8	1,3391		
	3	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375		
	4	34	4	1,3328	0,5	632,8	1,3391		
	5	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375		
	6	34	4	1,3328	0,5	632,8	1,3391		

C	Uji ke-	N	$\Delta N$	$n_o$	L (cm)	$\lambda$ (nm)	N	$\bar{n}$	$\Delta \bar{n}$ ( $10^{-4}$ )
12%	1	34	4	1,3328	0,5	632,8	1,3391	1,3386	3,332
	2	34	4	1,3328	0,5	632,8	1,3391		
	3	34	4	1,3328	0,5	632,8	1,3391		
	4	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375		
	5	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375		
	6	34	4	1,3328	0,5	632,8	1,3391		



Gambar A.2 Hubungan indeks bias dan konsentrasi nira pohon 1A

Untuk menghitung kadar sukrosa nira kelapa 100% adalah :

$$y_1 = y_2$$

$$0,0226 x + 1,3361 = 0,1382 x + 1,3329$$

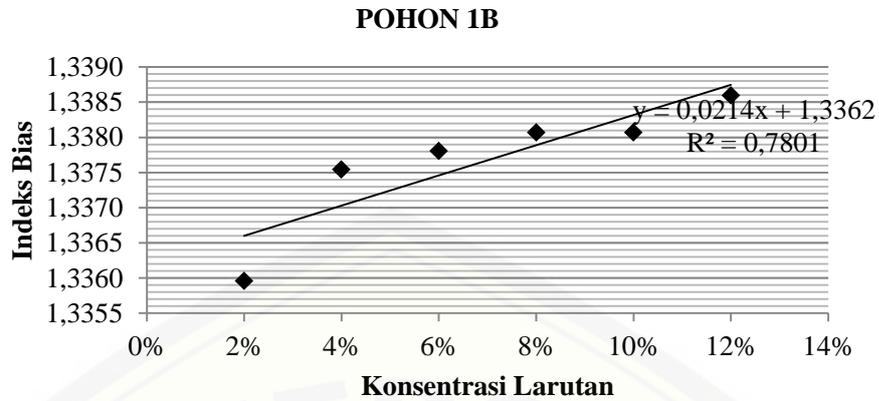
$$0,0226 (100\%) + 1,3361 = 0,1382 x + 1,3329$$

$$x = \mathbf{18,67\%}$$

Tabel A.6 Penentuan indeks bias nira kelapa pohon 1B

C	Uji ke-	N	$\Delta N$	$n_o$	L (cm)	$\lambda$ (nm)	n	$\bar{n}$	$\Delta \bar{n}$ ( $10^{-4}$ )
2%	1	32	2	1,3328	0,5	632,8	1,3360	1,3360	0
	2	32	2	1,3328	0,5	632,8	1,3360		
	3	32	2	1,3328	0,5	632,8	1,3360		
	4	32	2	1,3328	0,5	632,8	1,3360		
	5	32	2	1,3328	0,5	632,8	1,3360		
	6	32	2	1,3328	0,5	632,8	1,3360		

C	Uji ke-	N	$\Delta N$	$n_o$	L (cm)	$\lambda$ (nm)	n	$\bar{n}$	$\Delta\bar{n}$ ( $10^{-4}$ )
4%	1	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375	1,3375	0
	2	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375		
	3	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375		
	4	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375		
	5	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375		
	6	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375		
6%	1	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375	1,3378	2,63
	2	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375		
	3	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375		
	4	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375		
	5	34	4	1,3328	0,5	632,8	1,3391		
	6	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375		
8%	1	34	4	1,3328	0,5	632,8	1,3391	1,3381	3,33
	2	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375		
	3	34	4	1,3328	0,5	632,8	1,3391		
	4	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375		
	5	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375		
	6	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375		
10%	1	34	4	1,3328	0,5	632,8	1,3391	1,3381	3,33
	2	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375		
	3	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375		
	4	34	4	1,3328	0,5	632,8	1,3391		
	5	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375		
	6	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375		
12%	1	34	4	1,3328	0,5	632,8	1,3391	1,3386	3,33
	2	34	4	1,3328	0,5	632,8	1,3391		
	3	34	4	1,3328	0,5	632,8	1,3391		
	4	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375		
	5	34	4	1,3328	0,5	632,8	1,3391		
	6	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375		



Gambar A.3 Hubungan indeks bias dan konsentrasi nira pohon 1 tandan B

Untuk menghitung kadar sukrosa nira kelapa 100% adalah :

$$y_1 = y_2$$

$$0,0214 x + 1,3362 = 0,1382 x + 1,3329$$

$$0,0214 (100\%) + 1,3362 = 0,1382 x + 1,3329$$

$$x = 17,87\%$$

Tabel A.7 Indeks bias nira kelapa pohon 1C

C	Uji ke-	N	$\Delta N$	$n_o$	L(cm)	$\lambda$ (nm)	n	$\bar{n}$	$\Delta \bar{n}$ ( $10^{-4}$ )
2%	1	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375	1,3370	3,33
	2	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375		
	3	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375		
	4	32	2	1,3328	0,5	632,8	1,3360		
	5	32	2	1,3328	0,5	632,8	1,3360		
	6	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375		
4%	1	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375	1,3375	0
	2	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375		
	3	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375		
	4	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375		
	5	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375		
	6	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375		
6%	1	34	4	1,3328	0,5	632,8	1,3391	1,3378	2,63
	2	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375		
	3	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375		
	4	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375		
	5	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375		
	6	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375		

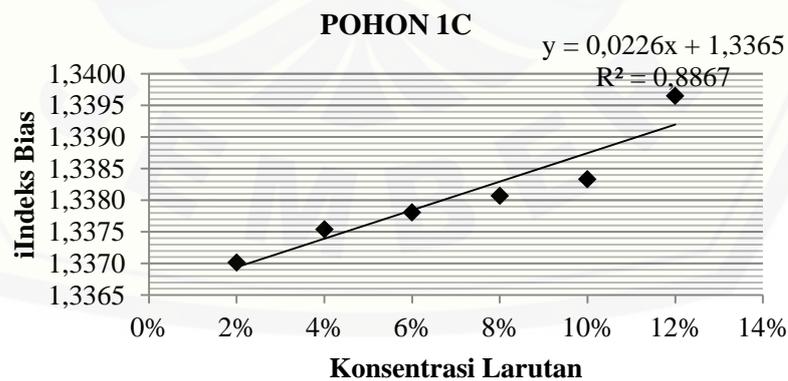
C	Uji ke-	N	$\Delta N$	No	L (cm)	$\lambda$ (nm)	X	$\bar{x}$	$\Delta \bar{x}$ ( $10^{-4}$ )
8%	1	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375	1,3381	3,33
	2	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375		
	3	34	4	1,3328	0,5	632,8	1,3391		
	4	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375		
	5	34	4	1,3328	0,5	632,8	1,3391		
	6	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375		
10%	1	34	4	1,3328	0,5	632,8	1,3391	1,3383	0
	2	34	4	1,3328	0,5	632,8	1,3391		
	3	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375		
	4	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375		
	5	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375		
	6	34	4	1,3328	0,5	632,8	1,3391		
12%	1	35	5	1,3328	0,5	632,8	1,3407	1,3396	3,33
	2	34	4	1,3328	0,5	632,8	1,3391		
	3	35	5	1,3328	0,5	632,8	1,3407		
	4	34	4	1,3328	0,5	632,8	1,3391		
	5	34	4	1,3328	0,5	632,8	1,3391		
	6	34	4	1,3328	0,5	632,8	1,3391		

Keterangan

n = indeks bias larutan per konsentrasi

$\bar{n}$  = indeks bias rata rata per konsentrasi

$\Delta \bar{n}$  = ketidak pastian pengukuran



Grafik A.4 Hubungan indeks bias dan konsentrasi nira pohon 1C

Untuk menghitung kadar sukrosa nira kelapa 100% adalah :

$$y_1 = y_2$$

$$0,0226 x + 1,3365 = 0,1382 x + 1,3329$$

$$0,0226 (100\%) + 1,3365 = 0,1382 x + 1,3329$$

$$x = \mathbf{18,95\%}$$

### A.5.3 Pengukuran Indeks Bias dan Kadar Sukrosa Pohon 2

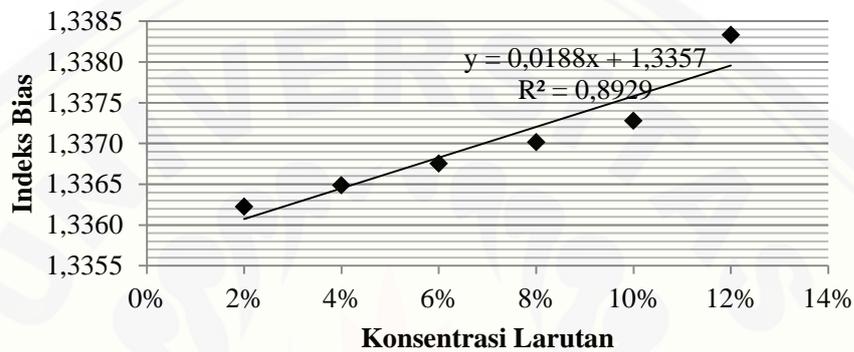
Hari ketiga penelitian dilakukan pengukuran indeks bias dan kadar sukrosa nira kelapa Pohon 2 (umur 48,5 tahun) yang ditampilkan pada tabel A.8 untuk Pohon 2A, A.9 untuk Pohon 2B, dan A.10 untuk Pohon 2C.

Tabel A.8 Indeks bias pohon 2A

C	Uji ke-	N	$\Delta N$	$n_o$	L (cm)	$\lambda$ (nm)	n	$\bar{n}$	$\Delta\bar{n}$ ( $10^{-4}$ )
2%	1	32	2	1,3328	0,5	632,8	1,3360	1,3362	2,63
	2	32	2	1,3328	0,5	632,8	1,3360		
	3	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375		
	4	32	2	1,3328	0,5	632,8	1,3360		
	5	32	2	1,3328	0,5	632,8	1,3360		
	6	32	2	1,3328	0,5	632,8	1,3360		
4%	1	32	2	1,3328	0,5	632,8	1,3360	1,3365	3,33
	2	32	2	1,3328	0,5	632,8	1,3360		
	3	32	2	1,3328	0,5	632,8	1,3360		
	4	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375		
	5	32	2	1,3328	0,5	632,8	1,3360		
	6	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375		
6%	1	32	2	1,3328	0,5	632,8	1,3360	1,3368	3,53
	2	32	2	1,3328	0,5	632,8	1,3360		
	3	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375		
	4	32	2	1,3328	0,5	632,8	1,3360		
	5	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375		
	6	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375		
8%	1	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375	1,3370	3,33
	2	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375		
	3	32	2	1,3328	0,5	632,8	1,3360		
	4	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375		
	5	32	2	1,3328	0,5	632,8	1,3360		
	6	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375		
10%	1	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375	1,3373	2,63
	2	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375		
	3	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375		
	4	32	2	1,3328	0,5	632,8	1,3360		
	5	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375		
	6	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375		

C	Uji ke-	N	$\Delta N$	$n_o$	L (cm)	$\lambda$ (nm)	n	$\bar{n}$	$\frac{\Delta \bar{n}}{(10^{-4})}$
12%	1	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375	1,3383	3,53
	2	34	4	1,3328	0,5	632,8	1,3391		
	3	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375		
	4	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375		
	5	34	4	1,3328	0,5	632,8	1,3391		
	6	34	4	1,3328	0,5	632,8	1,3391		

POHON 2A



Gambar A.5 Hubungan indeks bias dan konsentrasi nira pohon 2A

Untuk menghitung kadar sukrosa nira kelapa 100% adalah :

$$y_1 = y_2$$

$$0,0188 x + 1,3357 = 0,1382 x + 1,3329$$

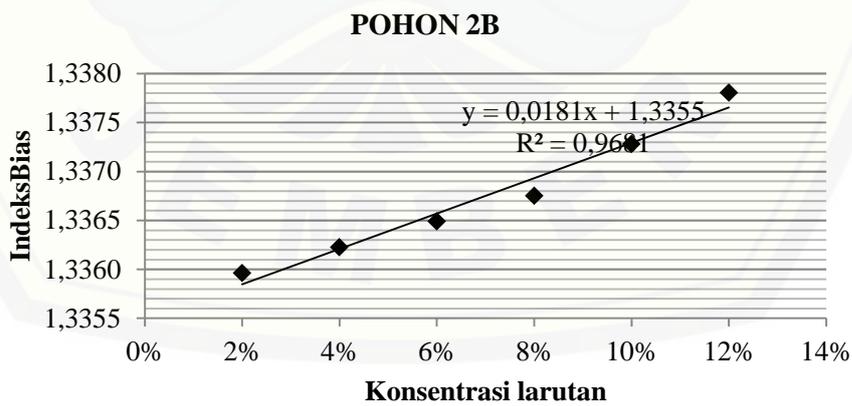
$$0,0188 (100\%) + 1,3357 = 0,1382 x + 1,3329$$

$$x = \mathbf{15,63\%}$$

Tabel A.9 Indeks bias pohon 2B

C	Uji ke-	N	$\Delta N$	$n_o$	L (cm)	$\lambda$ (nm)	n	$\bar{n}$	$\frac{\Delta \bar{n}}{(10^{-4})}$
2%	1	32	2	1,3328	0,5	632,8	1,3360	1,3360	0
	2	32	2	1,3328	0,5	632,8	1,3360		
	3	32	2	1,3328	0,5	632,8	1,3360		
	4	32	2	1,3328	0,5	632,8	1,3360		
	5	32	2	1,3328	0,5	632,8	1,3360		
	6	32	2	1,3328	0,5	632,8	1,3360		
4%	1	32	2	1,3328	0,5	632,8	1,3360	1,3362	2,63
	2	32	2	1,3328	0,5	632,8	1,3360		
	3	32	2	1,3328	0,5	632,8	1,3360		
	4	32	2	1,3328	0,5	632,8	1,3360		
	5	32	2	1,3328	0,5	632,8	1,3360		
	6	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375		

C	Uji ke-	N	$\Delta N$	$n_o$	L (cm)	$\lambda$ (cm)	n	$\bar{n}$	$\frac{\Delta \bar{n}}{(10^{-4})}$
6%	1	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375	1,3365	3,33
	2	32	2	1,3328	0,5	632,8	1,3360		
	3	32	2	1,3328	0,5	632,8	1,3360		
	4	32	2	1,3328	0,5	632,8	1,3360		
	5	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375		
	6	32	2	1,3328	0,5	632,8	1,3360		
8%	1	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375	1,3368	3,53
	2	32	2	1,3328	0,5	632,8	1,3360		
	3	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375		
	4	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375		
	5	32	2	1,3328	0,5	632,8	1,3360		
	6	32	2	1,3328	0,5	632,8	1,3360		
10%	1	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375	1,3373	2,63
	2	32	2	1,3328	0,5	632,8	1,3360		
	3	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375		
	4	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375		
	5	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375		
	6	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375		
12%	1	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375	1,3378	2,63
	2	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375		
	3	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375		
	4	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375		
	5	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375		
	6	34	4	1,3328	0,5	632,8	1,3391		



Gambar A.6 Hubungan indeks bias dan konsentrasi nira pohon 2B

Untuk menghitung kadar sukrosa nira kelapa 100% adalah :

$$y_1 = y_2$$

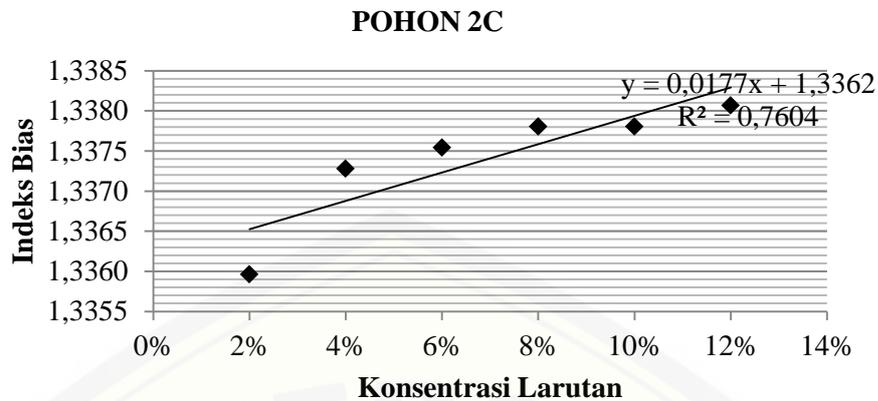
$$0,0181 x + 1,3355 = 0,1382 x + 1,3329$$

$$0,0181 (100\%) + 1,3355 = 0,1382 x + 1,3329$$

$$x = \mathbf{14,98\%}$$

Tabel A.10 Indeks bias pohon 2C

C	Uji ke-	N	$\Delta N$	$n_o$	L (cm)	$\lambda$ (nm)	X	$\bar{n}$	$\frac{\Delta \bar{n}}{(10^{-4})}$
2%	1	32	2	1,3328	0,5	632,8	1,3360	1,3360	0
	2	32	2	1,3328	0,5	632,8	1,3360		
	3	32	2	1,3328	0,5	632,8	1,3360		
	4	32	2	1,3328	0,5	632,8	1,3360		
	5	32	2	1,3328	0,5	632,8	1,3360		
	6	32	2	1,3328	0,5	632,8	1,3360		
4%	1	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375	1,3373	2,63
	2	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375		
	3	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375		
	4	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375		
	5	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375		
	6	32	2	1,3328	0,5	632,8	1,3360		
6%	1	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375	1,3375	0
	2	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375		
	3	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375		
	4	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375		
	5	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375		
	6	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375		
8%	1	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375	1,3378	2,63
	2	34	4	1,3328	0,5	632,8	1,3391		
	3	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375		
	4	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375		
	5	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375		
	6	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375		
10%	1	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375	1,3378	2,63
	2	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375		
	3	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375		
	4	34	4	1,3328	0,5	632,8	1,3391		
	5	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375		
	6	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375		
12%	1	34	4	1,3328	0,5	632,8	1,3391	1,3381	3,33
	2	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375		
	3	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375		
	4	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375		
	5	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375		
	6	34	4	1,3328	0,5	632,8	1,3391		



Gambar A.7 Hubungan indeks bias dan konsentrasi nira pohon 2 tandan C

Untuk menghitung kadar sukrosa nira kelapa 100% adalah :

$$y_1 = y_2$$

$$0,0177 x + 1,3362 = 0,1382 x + 1,3329$$

$$0,0177 (100\%) + 1,3362 = 0,1382 x + 1,3329$$

$$x = \mathbf{15,20\%}$$

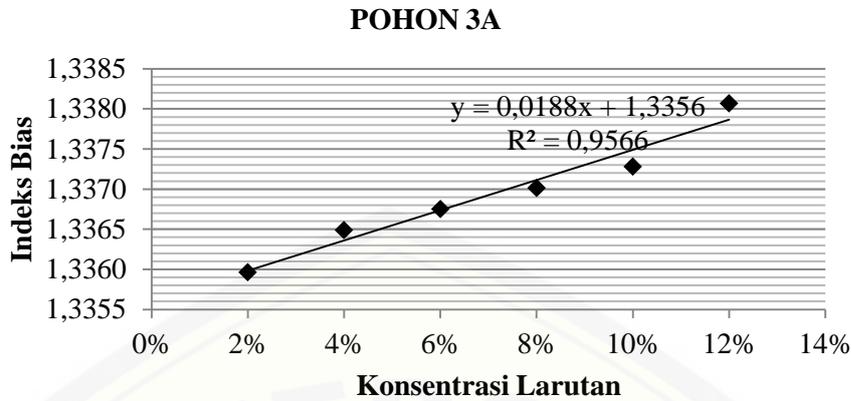
#### A.5.4 Pengukuran Indeks Bias dan Kadar Sukrosa Pohon 3

Pada hari keempat dilakukan pengukuran terhadap nira kelapa Pohon 3 (umur 40 tahun). Nira yang dibawa ke laboratorium diukur indeks biasnya menggunakan interferometer Michelson. Data pengukuran indeks bias dan kadar sukrosanya ditampilkan dalam tabel A.11 untuk Pohon 3A, tabel A.12 untuk Pohon 3B, dan tabel A.13 untuk Pohon 3C.

Tabel A.11 Indeks bias pohon 3 tandan A

C	Uji ke-	N	$\Delta N$	$n_o$	L (cm)	$\lambda$ (nm)	n	$\bar{n}$	$\Delta \bar{n}$ ( $10^{-4}$ )
2%	1	32	2	1,3328	0,5	632,8	1,3360	1,3360	0
	2	32	2	1,3328	0,5	632,8	1,3360		
	3	32	2	1,3328	0,5	632,8	1,3360		
	4	32	2	1,3328	0,5	632,8	1,3360		
	5	32	2	1,3328	0,5	632,8	1,3360		
	6	32	2	1,3328	0,5	632,8	1,3360		

C	Uji ke-	N	$\Delta N$	$n_o$	L (cm)	$\lambda$ (nm)	n	$\bar{n}$	$\frac{\Delta \bar{n}}{(10^{-4})}$
4%	1	32	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375	1,3365	3,33
	2	33	2	1,3328	0,5	632,8	1,3360		
	3	32	2	1,3328	0,5	632,8	1,3360		
	4	32	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375		
	5	32	2	1,3328	0,5	632,8	1,3360		
	6	32	2	1,3328	0,5	632,8	1,3360		
6%	1	32	2	1,3328	0,5	632,8	1,3360	1,3368	3,53
	2	32	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375		
	3	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375		
	4	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375		
	5	32	2	1,3328	0,5	632,8	1,3360		
	6	32	2	1,3328	0,5	632,8	1,3360		
8%	1	32	2	1,3328	0,5	632,8	1,3360	1,3370	3,33
	2	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375		
	3	32	2	1,3328	0,5	632,8	1,3360		
	4	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375		
	5	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375		
	6	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375		
10%	1	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375	1,3373	2,63
	2	32	2	1,3328	0,5	632,8	1,3360		
	3	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375		
	4	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375		
	5	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375		
	6	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375		
12%	1	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375	1,3381	3,33
	2	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375		
	3	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375		
	4	34	4	1,3328	0,5	632,8	1,3391		
	5	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375		
	6	34	4	1,3328	0,5	632,8	1,3391		



Grafik A.8 Hubungan indeks bias dan konsentrasi nira pohon 3A

Untuk menghitung kadar sukrosa nira kelapa 100% adalah :

$$y_1 = y_2$$

$$0,0188 x + 1,3356 = 0,1382 x + 1,3329$$

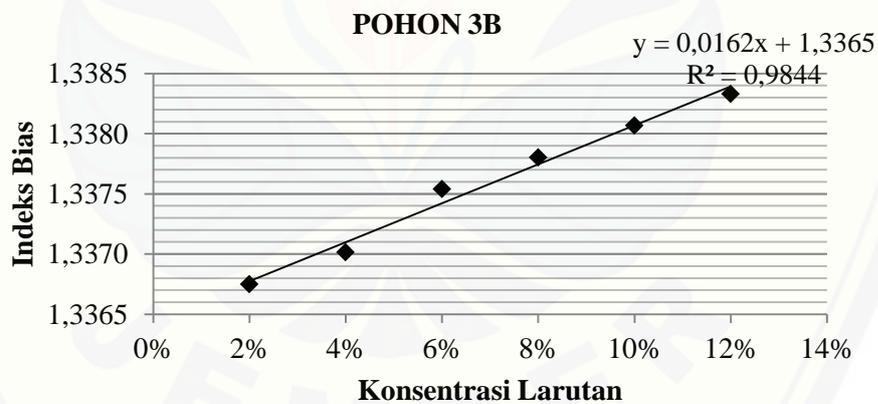
$$0,0188 (100\%) + 1,3356 = 0,1382 x + 1,3329$$

$$x = 15,56\%$$

Tabel A.12 Indeks bias pohon 3B

C	Uji ke-	N	$\Delta N$	$n_o$	L (cm)	$\lambda$ (nm)	n	$\bar{n}$	$\Delta \bar{n}$ ( $10^{-4}$ )
2%	1	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375	1,3368	3,53
	2	32	2	1,3328	0,5	632,8	1,3360		
	3	32	2	1,3328	0,5	632,8	1,3360		
	4	32	2	1,3328	0,5	632,8	1,3360		
	5	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375		
	6	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375		
4%	1	32	2	1,3328	0,5	632,8	1,3360	1,3370	3,33
	2	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375		
	3	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375		
	4	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375		
	5	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375		
	6	32	2	1,3328	0,5	632,8	1,3360		
6%	1	32	2	1,3328	0,5	632,8	1,3360	1,3375	4,08
	2	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375		
	3	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375		
	4	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375		
	5	34	4	1,3328	0,5	632,8	1,3391		
	6	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375		

C	Uji ke-	N	$\Delta N$	$n_o$	L (cm)	$\lambda$ (cm)	n	$\bar{n}$	$\Delta \bar{n}$ ( $10^{-4}$ )
8%	1	34	4	1,3328	0,5	632,8	1,3391	1,3378	2,63
	2	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375		
	3	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375		
	4	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375		
	5	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375		
	6	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375		
10%	1	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375	1,3381	3,33
	2	34	4	1,3328	0,5	632,8	1,3391		
	3	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375		
	4	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375		
	5	34	4	1,3328	0,5	632,8	1,3391		
	6	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375		
12%	1	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375	1,3383	3,53
	2	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375		
	3	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375		
	4	34	4	1,3328	0,5	632,8	1,3391		
	5	34	4	1,3328	0,5	632,8	1,3391		
	6	34	4	1,3328	0,5	632,8	1,3391		



Gambar A.9 Hubungan indeks bias dan konsentrasi nira pohon 3B

Untuk menghitung kadar sukrosa nira kelapa 100% adalah :

$$y_1 = y_2$$

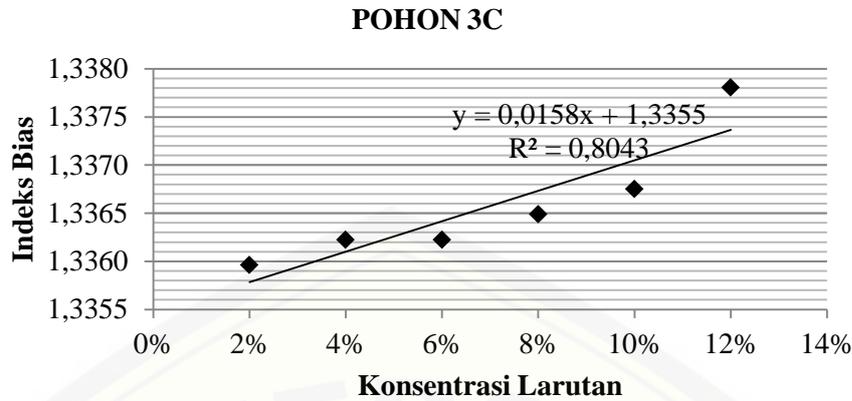
$$0,0162 x + 1,3365 = 0,1382 x + 1,3329$$

$$0,0162 (100\%) + 1,3365 = 0,1382 x + 1,3329$$

$$x = \mathbf{14,33\%}$$

Tabel A.13 Indeks bias pohon 3C

C	Uji ke-	N	$\Delta N$	$n_o$	L (cm)	$\lambda$ (nm)	n	$\bar{n}$	$\Delta \bar{n}$ ( $10^{-4}$ )
2%	1	32	2	1,3328	0,5	632,8	1,3360	1,3360	0
	2	32	2	1,3328	0,5	632,8	1,3360		
	3	32	2	1,3328	0,5	632,8	1,3360		
	4	32	2	1,3328	0,5	632,8	1,3360		
	5	32	2	1,3328	0,5	632,8	1,3360		
	6	32	2	1,3328	0,5	632,8	1,3360		
4%	1	32	2	1,3328	0,5	632,8	1,3360	1,3362	2,63
	2	32	2	1,3328	0,5	632,8	1,3360		
	3	32	2	1,3328	0,5	632,8	1,3360		
	4	32	2	1,3328	0,5	632,8	1,3360		
	5	32	2	1,3328	0,5	632,8	1,3360		
	6	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375		
6%	1	32	2	1,3328	0,5	632,8	1,3360	1,3362	2,63
	2	32	2	1,3328	0,5	632,8	1,3360		
	3	32	2	1,3328	0,5	632,8	1,3360		
	4	32	2	1,3328	0,5	632,8	1,3360		
	5	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375		
	6	32	2	1,3328	0,5	632,8	1,3360		
8%	1	32	2	1,3328	0,5	632,8	1,3360	1,3365	3,33
	2	32	2	1,3328	0,5	632,8	1,3360		
	3	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375		
	4	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375		
	5	32	2	1,3328	0,5	632,8	1,3360		
	6	32	2	1,3328	0,5	632,8	1,3360		
10%	1	32	2	1,3328	0,5	632,8	1,3360	1,3368	3,53
	2	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375		
	3	32	2	1,3328	0,5	632,8	1,3360		
	4	32	2	1,3328	0,5	632,8	1,3360		
	5	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375		
	6	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375		
12%	1	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375	1,3378	2,63
	2	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375		
	3	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375		
	4	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375		
	5	34	4	1,3328	0,5	632,8	1,3391		
	6	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375		



Gambar A.10 Hubungan indeks bias dan konsentrasi nira pohon 3C

Untuk menghitung kadar sukrosa nira kelapa 100% adalah :

$$y_1 = y_2$$

$$0,0158 x + 1,3355 = 0,1382 x + 1,3329$$

$$0,0158 (100\%) + 1,3355 = 0,1382 x + 1,3329$$

$$x = 13,31\%$$

#### A.5.5 Pengukuran Indeks Bias dan Kadar Sukrosa Pohon 4

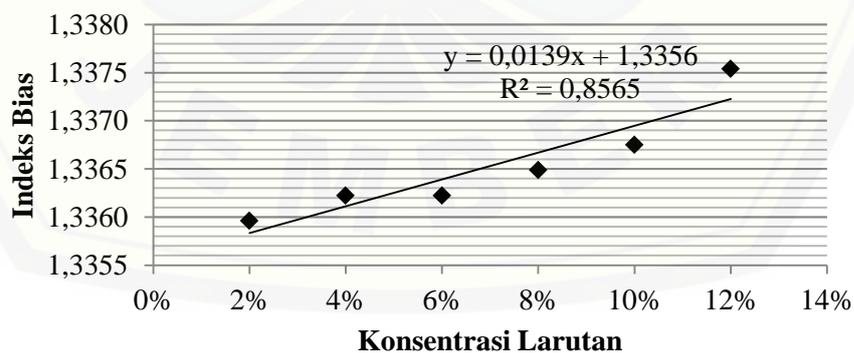
Hari kelima dilakukan pengukuran pada sampel nira Pohon 4 (umur 27,5 tahun). Langkah yang dilakukan sama seperti hari sebelumnya. Data ditampilkan dalam tabel A.14 sampai A.16.

Tabel A.14 Indeks bias pohon 4A

C	Uji ke-	N	$\Delta N$	$n_o$	L (m)	$\lambda$ (nm)	n	$\bar{n}$	$\Delta \bar{n}$ ( $10^{-4}$ )
2%	1	32	2	1,3328	0,5	632,8	1,3360	1,3360	0
	2	32	2	1,3328	0,5	632,8	1,3360		
	3	32	2	1,3328	0,5	632,8	1,3360		
	4	32	2	1,3328	0,5	632,8	1,3360		
	5	32	2	1,3328	0,5	632,8	1,3360		
	6	32	2	1,3328	0,5	632,8	1,3360		
4%	1	32	2	1,3328	0,5	632,8	1,3360	1,3362	2,63
	2	32	2	1,3328	0,5	632,8	1,3360		
	3	32	2	1,3328	0,5	632,8	1,3360		
	4	32	2	1,3328	0,5	632,8	1,3360		
	5	32	2	1,3328	0,5	632,8	1,3360		
	6	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375		

C	Uji ke-	N	$\Delta N$	$n_o$	L (cm)	$\lambda$ (nm)	n	$\bar{n}$	$\overline{\Delta n}$ ( $10^{-4}$ )
6%	1	32	2	1,3328	0,5	632,8	1,3360	1,3362	2,63
	2	32	2	1,3328	0,5	632,8	1,3360		
	3	32	2	1,3328	0,5	632,8	1,3360		
	4	32	2	1,3328	0,5	632,8	1,3360		
	5	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375		
	6	32	2	1,3328	0,5	632,8	1,3360		
8%	1	32	2	1,3328	0,5	632,8	1,3360	1,3365	3,33
	2	32	2	1,3328	0,5	632,8	1,3360		
	3	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375		
	4	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375		
	5	32	2	1,3328	0,5	632,8	1,3360		
	6	32	2	1,3328	0,5	632,8	1,3360		
10%	1	32	2	1,3328	0,5	632,8	1,3360	1,3368	3,53
	2	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375		
	3	32	2	1,3328	0,5	632,8	1,3360		
	4	32	2	1,3328	0,5	632,8	1,3360		
	5	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375		
	6	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375		
12%	1	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375	1,3375	0
	2	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375		
	3	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375		
	4	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375		
	5	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375		
	6	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375		

#### POHON 4A



Gambar A.12 Hubungan indeks bias dan konsentrasi nira pohon 4 tandan A

Untuk menghitung kadar sukrosa nira kelapa 100% adalah :

$$y_1 = y_2$$

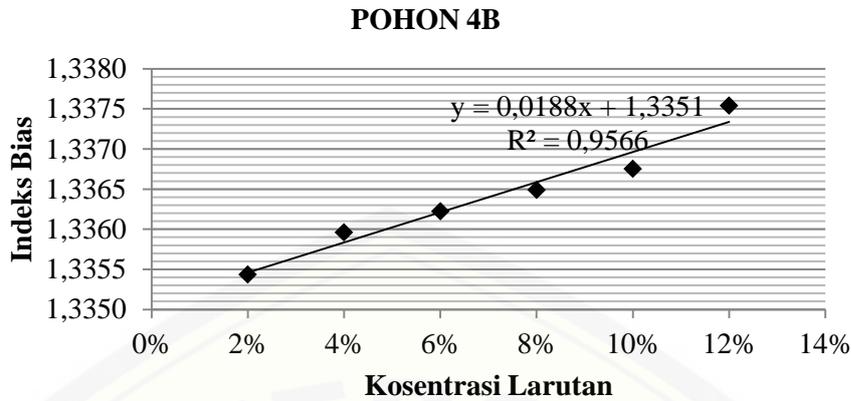
$$0,0139 x + 1,3356 = 0,1382 x + 1,3329$$

$$0,0139 (100\%) + 1,3356 = 0,1382 x + 1,3329$$

$$x = \mathbf{12,01\%}$$

Tabel A.15 Indeks bias pohon 4B

C	Uji ke-	N	$\Delta N$	$n_o$	L (cm)	$\lambda$ (nm)	n	$\bar{n}$	$\Delta \bar{n}$ ( $10^{-4}$ )
2%	1	31	1	1,3328	0,5	632,8	1,3344	1,3354	3,33
	2	32	2	1,3328	0,5	632,8	1,3360		
	3	32	2	1,3328	0,5	632,8	1,3360		
	4	32	1	1,3328	0,5	632,8	1,3344		
	5	32	2	1,3328	0,5	632,8	1,3360		
	6	32	2	1,3328	0,5	632,8	1,3360		
4%	1	32	2	1,3328	0,5	632,8	1,3360	1,3360	0
	2	32	2	1,3328	0,5	632,8	1,3360		
	3	32	2	1,3328	0,5	632,8	1,3360		
	4	32	2	1,3328	0,5	632,8	1,3360		
	5	32	2	1,3328	0,5	632,8	1,3360		
	6	32	2	1,3328	0,5	632,8	1,3360		
6%	1	32	2	1,3328	0,5	632,8	1,3360	1,3362	2,63
	2	32	2	1,3328	0,5	632,8	1,3360		
	3	32	2	1,3328	0,5	632,8	1,3360		
	4	32	2	1,3328	0,5	632,8	1,3360		
	5	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375		
	6	32	2	1,3328	0,5	632,8	1,3360		
8%	1	32	2	1,3328	0,5	632,8	1,3360	1,3365	3,33
	2	32	2	1,3328	0,5	632,8	1,3360		
	3	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375		
	4	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375		
	5	32	2	1,3328	0,5	632,8	1,3360		
	6	32	2	1,3328	0,5	632,8	1,3360		
10%	1	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375	1,3368	3,53
	2	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375		
	3	32	2	1,3328	0,5	632,8	1,3360		
	4	32	2	1,3328	0,5	632,8	1,3360		
	5	32	2	1,3328	0,5	632,8	1,3360		
	6	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375		
12%	1	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375	1,3375	0
	2	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375		
	3	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375		
	4	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375		
	5	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375		
	6	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375		



Gambar A.13 Hubungan konsentrasi terhadap indeks bias pohon 4 tandan B

Untuk menghitung kadar sukrosa nira kelapa 100% adalah :

$$y_1 = y_2$$

$$0,0188 x + 1,3351 = 0,1382 x + 1,3329$$

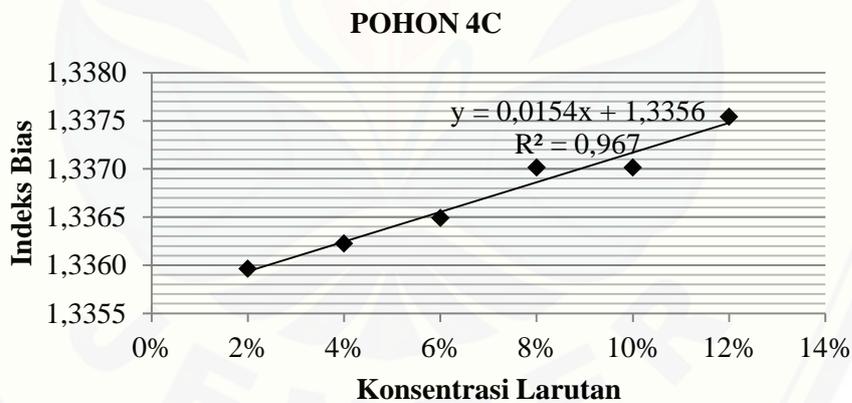
$$0,0188 (100\%) + 1,3351 = 0,1382 x + 1,3329$$

$$x = \mathbf{15,20\%}$$

Tabel A.16 Pengukuran indeks bias pohon 4C

C	Uji ke-	N	$\Delta N$	$n_o$	L (cm)	$\lambda$ (nm)	n	$\bar{n}$	$\Delta \bar{n}$ ( $10^{-4}$ )
2%	1	32	2	1,3328	0,5	632,8	1,3360	1,3360	0
	2	32	2	1,3328	0,5	632,8	1,3360		
	3	32	2	1,3328	0,5	632,8	1,3360		
	4	32	2	1,3328	0,5	632,8	1,3360		
	5	32	2	1,3328	0,5	632,8	1,3360		
	6	32	2	1,3328	0,5	632,8	1,3360		
4%	1	32	2	1,3328	0,5	632,8	1,3360	1,3362	2,63
	2	32	2	1,3328	0,5	632,8	1,3360		
	3	32	2	1,3328	0,5	632,8	1,3360		
	4	32	2	1,3328	0,5	632,8	1,3360		
	5	32	2	1,3328	0,5	632,8	1,3360		
	6	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375		
6%	1	32	2	1,3328	0,5	632,8	1,3360	1,3365	3,33
	2	32	2	1,3328	0,5	632,8	1,3360		
	3	32	2	1,3328	0,5	632,8	1,3360		
	4	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375		
	5	32	2	1,3328	0,5	632,8	1,3360		
	6	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375		

C	Uji ke-	N	$\Delta N$	$n_o$	L (cm)	$\lambda$ (nm)	n	$\bar{n}$	$\Delta \bar{n}$ ( $10^{-4}$ )
8%	1	32	2	1,3328	0,5	632,8	1,3360	1,3370	3,33
	2	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375		
	3	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375		
	4	32	2	1,3328	0,5	632,8	1,3360		
	5	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375		
	6	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375		
10%	1	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375	1,3370	3,33
	2	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375		
	3	32	2	1,3328	0,5	632,8	1,3360		
	4	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375		
	5	32	2	1,3328	0,5	632,8	1,3360		
	6	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375		
12%	1	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375	1,3375	0
	2	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375		
	3	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375		
	4	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375		
	5	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375		
	6	33	3	1,3328	0,5	632,8	1,3375		



Gambar A.14 Hubungan konsentrasi terhadap indeks bias pohon 4 tandan C

Untuk menghitung kadar sukrosa nira kelapa 100% adalah :

$$y_1 = y_2$$

$$0,0154 x + 1,3356 = 0,1382 x + 1,3329$$

$$0,0154 (100\%) + 1,3356 = 0,1382 x + 1,3329$$

$$x = 13,10\%$$

**LAMPIRAN B**



Gambar B.1 Pelabelan pohon kelapa yang diuji



Gambar B.2 Bekas potongan pelepah daun untuk menghitung umur tanaman



(a)

(b)

(c)

Gambar B.3 Penyadapan Nira (a) Bumbung nira yang sudah dilabeli (b) Proses penderes akan menyadap nira (c) Hasil nira yang disadap



(a)

(b)

(c)

Gambar B.4 Foto kegiatan laboratorium (a) Alat dan Bahan pengukuran volume, pH, dan kadar sukrosa (b) Prose Penyaringan nira akhir (c) Penimbangan akuades dan nira untuk membuat sampel nira



(a)

(b)

Gambar B.5 Pengukuran (a) Volume produksi nira (b) pH nira dengan pH meter



(a)

(b)

Gambar B.6 Pengukuran indeks bias (a) Pola frinji terbentuk pada layar (b) Posisi wadah sampel nira pada interferometer Michelson