

BAB I PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Tanaman aren (*Arenga pinnata*) merupakan salah satu jenis tumbuhan yang tumbuh subur di ketinggian pegunungan, serta memiliki potensi menghasilkan bahan-bahan industri. Buah tanaman aren dapat dimanfaatkan sebagai kolong kaling yang diolah menjadi manisan, empulur batang yang dapat menghasilkan tepung sagu serta tandan bunga yang mampu menghasilkan nira. Nira aren yang dihasilkan dalam bentuk cairan bening dan memiliki rasa manis yang diperoleh melalui proses penyadapan dari bunga jantan pohon aren. Nira aren yang dihasilkan dapat diolah menjadi berbagai produk seperti minuman ringan, alkohol, cuka, gula cetak, gula semut dan anggur palma (Assah & Indriaty, 2018).

Gula cetak merupakan salah satu produk hasil pengolahan nira aren yang paling banyak ditemui di pasaran. Gula cetak nira aren umumnya diproduksi dengan cara tradisional pada skala kecil hingga menengah. Pengolahan nira aren hingga menjadi produk gula cetak cukup sederhana, dimulai dengan penyiapan nira aren yang telah disadap sebagai bahan utama dalam pembuatan gula. Kemudian, nira akan dimasak hingga terjadi perubahan warna dan tekstur. Selanjutnya, gula dicetak dalam bentuk mangkuk pipih, silinder, kubus ataupun dalam bentuk gula semut. Gula aren banyak dimanfaatkan sebagai bahan tambahan dalam makanan ataupun minuman. Namun, penggunaan gula aren umumnya akan dilarutkan terlebih dahulu untuk ditambahkan pada makanan atau minuman, maka untuk mempermudah dalam penggunaan dapat diolah menjadi gula cair (Sjarif *et al.* 2021).

Gula cair dapat diperoleh dengan menggunakan nira aren yang dimasak sebelum mengalami kristalisasi atau melarutkan gula cetak aren dengan menggunakan sedikit air. Nira untuk dapat diolah menjadi gula aren harus memenuhi persyaratan pH 6-7 dan nilai °Brix di atas 17% (Assah & Makalalag, 2021). Namun gula cair yang dihasilkan memiliki kelemahan, yaitu jika dilakukan proses penyimpanan melebihi 4 hari akan mengalami proses kristalisasi. Kristal akan terbentuk karena gula cair nira aren menjadi jenuh pada brix 67%-70% saat pemasakan dan mengalami pendinginan tanpa pengadukan selama penyimpanan (Childs, 2007). Gula akan mengendap di bawah kemasan yang dapat mengganggu mutu gula cair dan menurunkan nilai gula cair nira aren pada masyarakat.

Kristalisasi merupakan proses alami pembentukan kristal yang mengendap karena adanya proses pemisahan padat-cair secara kimia. Kristalisasi pada gula cair nira aren terjadi karena adanya sukrosa, sukrosa merupakan pemanis alami pada nira aren yang terdiri dari molekul glukosa dan molekul fruktosa yang disatukan oleh ikatan glikosidik, memiliki tingkat kelarutan yang tinggi di dalam air dan mengkristal dalam bentuk anhidrat. Sukrosa yang tinggi dapat mengakibatkan terjadinya endapan kristal pada gula yang berkaitan dengan nilai °Brix dan tingkat kekentalan gula cair. Proses pemasakan dengan menggunakan suhu tinggi dan pH nira akan mengakibatkan sukrosa terhidrolisis membentuk gula reduksi bersifat higroskopis. Gula cair nira aren dapat mengkristal spontan dalam waktu tertentu, namun dapat dicegah dengan menghidrolisis sukrosa menghasilkan D-glukosa dan D-fruktosa (Charde *et al.* 2015).

Hidrolisis sukrosa menjadi D-glukosa dan D-fruktosa dengan perbandingan yang sama dapat memanfaatkan gula *invert*. Gula *invert* tidak dapat membentuk kristal dikarenakan memiliki tingkat kelarutan fruktosa dan glukosa yang sangat tinggi (Khasanah *et al.* 2019). Gula *invert* dapat dihasilkan dengan penambahan asam sitrat (Ciursa & Oroian, 2021) ke dalam gula cair sehingga mampu mencegah terjadinya kristalisasi pada gula cair nira aren selama penyimpanan. Namun, selain pencegahan kristalisasi, informasi mengenai lama masa simpan pada produk tidak kalah penting sebagai acuan dalam penentuan kesegaran, keamanan, cita rasa produk bagi produsen, konsumen dan distributor.

Lama masa simpan produk pangan dapat diduga dengan menggunakan metode ASLT (*Accelerated Shelf-Life Testing*). ASLT merupakan metode penentuan umur simpan produk bahan pangan dengan menganalisis faktor kritis yang dapat menyebabkan penurunan mutu produk menjadi lebih cepat (Nurhidajah *et al.* 2021). Metode ASLT dapat dibagi menjadi dua model yakni model arrhenius dan model kadar air kritis. Model arrhenius umumnya digunakan pada produk pangan yang

mengalami penurunan mutu dikarenakan adanya efek deteriorasi kimiawi, sedangkan model kadar air kritis digunakan pada produk pangan yang mengalami penurunan mutu dikarenakan penyerapan air selama penyimpanan (Nuraini *et al.* 2020). Prinsip dari metode Arrhenius adalah pengaplikasian kinetika kimia berupa suhu penyimpanan sebagai pengaruh lingkungan luar terhadap laju kerusakan produk (Zahroh *et al.* 2023). Parameter penurunan mutu yang dapat dianalisis pada gula aren cair adalah kadar viskositas, kadar pH, kadar gula pereduksi, dan total padatan terlarut, dimana parameter tersebut dapat menggambarkan laju penurunan mutu gula cair nira aren. Penyimpanan pada gula cair nira aren didasarkan pada kondisi penyimpanan suhu tinggi diatas suhu penyimpanan normal untuk mempercepat proses kerusakan. Berdasarkan uraian di atas maka dilakukanlah penelitian ini untuk mencegah terjadinya kristalisasi pada produk gula cair nira aren menggunakan asam sitrat dan menduga lama penyimpanan produk pada beberapa tingkat suhu penyimpanan.

I.2 Tujuan dan manfaat

Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk menganalisis pengaruh asam sitrat dalam upaya pencegahan kristalisasi pada gula cair nira aren.
2. Untuk menduga lama penyimpanan gula cair nira aren berdasarkan suhu penyimpanan dengan menggunakan metode ASLT (*Accelerated Shelf-Life Testing*) pendekatan Arrhenius.

Manfaat dari penelitian ini adalah diharapkan mampu mencegah terjadinya proses kristalisasi pada produk selama penyimpanan, dan mampu memberi informasi mengenai lama penyimpanan gula cair nira aren berdasarkan suhu penyimpanan dengan faktor yang dapat memengaruhi.

BAB II METODE PENELITIAN

II.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan April 2025 – Oktober 2025 di Laboratorium Kimia Analisa dan Pengawasan Mutu Pangan, Laboratorium Mikrobiologi dan Bioteknologi Pangan, serta Laboratorium Pengembangan Produk, Program Studi Ilmu dan Teknologi Pangan, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Hasanuddin, Makassar.

II.2 Alat dan Bahan

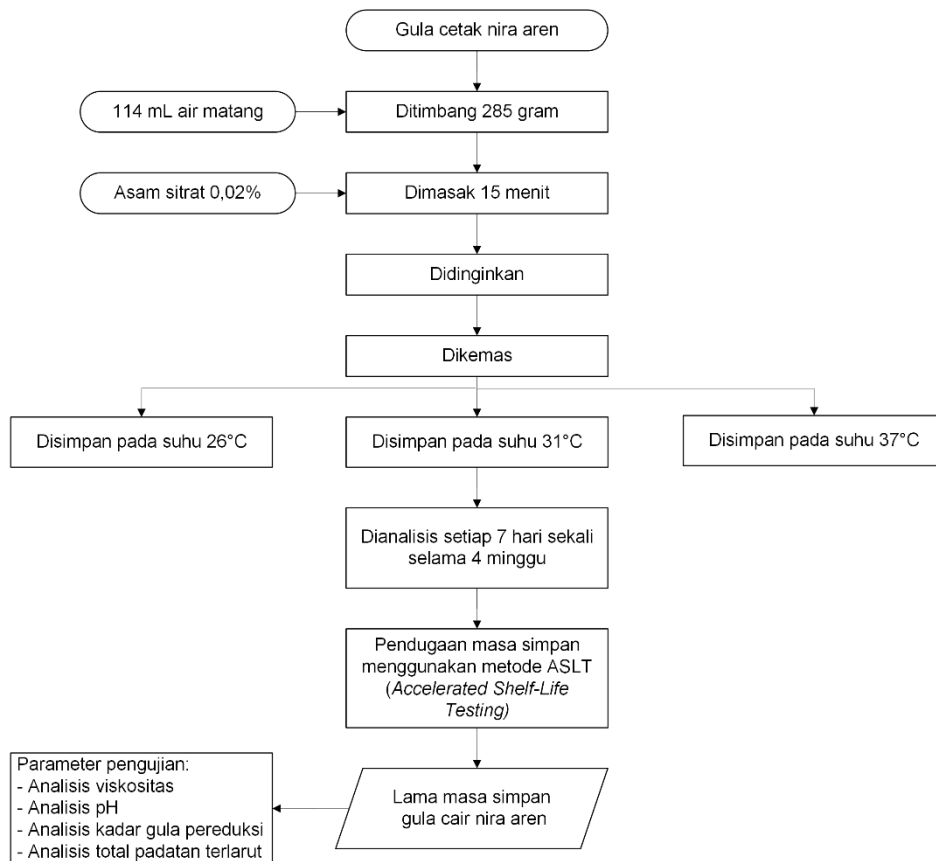
Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini dikelompokkan dalam tiga jenis, berdasarkan tujuan penggunaannya. Alat utama yang digunakan untuk proses pembuatan gula aren cair adalah gelas ukur, kompor, pengaduk, pisau, timbangan analitik, wadah kemasan dan wajan. Alat-alat analisa meliputi *hot plate*, inkubator, pH meter, *refraktometer*, sentrifus, *spektrofotometer* UV-VIS, *viscometer* dan *vortex*. Alat-alat penunjang yang digunakan meliputi batang pengaduk, bulb, *blue tip*, botol semprot, cawan porselen, desikator, gelas kimia, gelas ukur, *hot plate*, mikropipet, penjepit tabung reaksi, pipet tetes 2 mL, pipet volumetrik 10 mL, rak tabung, sendok tanduk, tabung reaksi, tabung sentrifugasi 2 mL, tanur, termometer, dan *vortex*.

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini dikelompokkan dalam tiga jenis, berdasarkan tujuan penggunaannya. Bahan utama terdiri dari nira aren dan asam sitrat. Bahan-bahan analisa meliputi akuades, *buffer* pH 4, *buffer* pH 7, glukosa murni, natrium karbonat (Na_2CO_3) 10%, reagen arsenomolibdat, reagen Nelson A, reagen Nelson B, timbal(II) oksida (PbO), timbal(II) asetat ($\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2$). Bahan-bahan penunjang meliputi aluminium foil, tisu dan alat keselamatan laboratorium.

II.3 Prosedur Penelitian

II.3.1. Pembuatan gula cair nira aren dengan penambahan asam sitrat

Gula cetak nira aren ditimbang sebanyak 285 gram dan ditambahkan dengan 114 mL air untuk menghasilkan 250 mL gula cair. Gula cetak nira aren dan air kemudian ditambahkan 0,02% asam sitrat dan dimasak di atas api sedang selama 15 menit. Dilakukan pengadukan secara berkala untuk menghindari buih gula menguap. Gula cair kemudian didinginkan lalu disaring dan disimpan di dalam botol kaca.



Gambar 1. Diagram Alir Pelaksanaan Penelitian

II.3.2. Desain penelitian

Penelitian ini menggunakan 2 faktor yaitu suhu dan lama penyimpanan dengan perlakuan penambahan asam sitrat 0,02%. Penyimpanan dilakukan selama 30 hari pada suhu 26°C, 31°C dan 37°C dengan melakukan analisis terhadap parameter viskositas, pH, kadar gula pereduksi dan total padatan terlarut setiap 7 hari sekali. Setiap analisis dilakukan rangkap tiga, lalu dinyatakan dalam rerata.

II.3.3. Karakterisasi mutu awal produk gula cair nira aren

Karakterisasi mutu awal produk gula cair nira aren dilakukan untuk mengetahui mutu awal produk gula sebelum dilakukan penyimpanan sehingga perbedaan mutu gula selama penyimpanan dapat diketahui. Karakterisasi dilakukan pada setiap parameter pengujian berupa analisis viskositas, pH, kadar gula pereduksi dan total padatan terlarut.

II.3.4. Perubahan mutu produk gula cair nira aren

Produk gula cair nira aren yang telah dikemas selanjutnya disimpan pada suhu 26°C, 31°C dan 37°C. Kemudian pengujian mutu produk dilakukan setiap 7 hari sekali selama 4 minggu penyimpanan. Dilakukan uji analisis terhadap viskositas, pH, kadar gula reduksi dan total padatan terlarut untuk mengamati perubahan mutu yang terjadi pada gula cair nira aren. Analisis ragam menggunakan aplikasi SPSS (*Statistical Package for the Social Science*) 16.0 menggunakan uji *univariate*, jika taraf signifikan lebih kecil dari 0,05 ($p < 0,05$) maka dilanjutkan dengan uji lanjut *Duncan*. Pendugaan masa simpan produk metode ASLT (*Accelerated Shelf-Life Testing*) menggunakan *software Microsoft Excel Office* 2019.

II.3.5. Pendugaan lama masa simpan dengan menggunakan metode ASLT pendekatan Arrhenius

Pendugaan masa simpan produk dimulai dengan memplotkan skor parameter pengamatan selama penyimpanan (sebagai sumbu y) dan suhu penyimpanan pada waktu penyimpanan dalam hari (sebagai

sumbu x) yang akan menghasilkan nilai konstanta reaksi (k) dan koefisien determinasi (R²) sebagai ordo reaksi nol. Sedangkan, ordo reaksi satu diperoleh dari data hasil persamaan kurva antara lama penyimpanan (sebagai sumbu x) dan ln hasil perubahan mutu gula cair nira aren selama penyimpanan (sebagai y). Setelah itu, nilai R² dibandingkan, ordo dengan nilai R² tertinggi yaitu nilai mendekati 1 yang dianggap akurat. Sehingga, untuk menentukan umur simpan dapat dilihat dari ordo dengan nilai R² tertinggi (Surahman *et al.* 2020).

Ordo reaksi yang dipilih merupakan ordo yang memiliki nilai koefisien determinasi (R²) paling besar. Kemudian nilai k akan dinyatakan dalam ln k yang dihubungkan dengan nilai 1/T (dalam Kelvin). Hasil plot akan menghasilkan garis nilai slope sebagai Ea/R dan intersep sebagai ln k₀, setelah ke dua nilai tersebut diperoleh maka parameter kritis dapat ditentukan, yaitu parameter dengan nilai energi aktivasi (Ea) paling kecil. Perhitungan umur simpan kemudian dihitung berdasarkan parameter kritis menggunakan persamaan Arrhenius dengan rumus:

$$\ln k = \ln k_0 - \frac{E_a}{R} \left(\frac{1}{T} \right)$$

Dimana:

Ea = Energi Aktivasi (kal/mol)

R = Konstanta gas ideal (1,99 kal/mol °K)

T = Suhu dalam Kelvin (237 + °C)

k₀ = Konstanta pre-eksponensial

k_t = Konstanta kecepatan reaksi (1/hari)

II.3.6. Penentuan parameter dan titik kritis produk

Perubahan mutu produk selama penyimpanan dapat menghasilkan persamaan Arrhenius dari hasil plot ln k dan T. Kemudian, dari hasil persamaan tersebut dapat diperoleh parameter kritis. Parameter kritis ditentukan dengan melihat nilai energi Aktivasi setiap parameter yang paling kecil, sedangkan titik kritis dapat mengacu pada standar mutu produk. Pada penelitian ini titik kritis didasarkan pada standar mutu produk gula sukrosa cair, yang diatur dalam SNI 8779-2019.

Nilai parameter dan titik kritis kemudian akan dimasukkan kedalam rumus umur simpan berikut:

$$\text{Ordo 0: } t = \frac{Q_t - Q_0}{k} \text{ atau ordo 1: } t = \frac{\ln(Q_t - Q_0)}{k}$$

Keterangan:

t = umur simpan (hari)

Q₀ = nilai mutu awal

Q_t = nilai kritis mutu

K = laju kinetika

II.4 Parameter Pengamatan

II.4.1 Analisis viskositas

Analisis viskositas gula cair nira aren dilakukan dengan menggunakan *viscometer*. Sampel dituang ke dalam gelas kimia 50 mL hingga tanda batas. Kemudian diuji viskositas dengan menggunakan *viscometer* dengan kecepatan 60 rpm. Nilai viskositas sampel dapat dilihat pada layar monitor *viscometer*.

II.4.2 Analisis pH

Analisis pH pada gula cari menggunakan instrumen pH meter. Terlebih dahulu pH meter dikalibrasi menggunakan larutan *buffer* pH 4 dan pH 7, kemudian elektroda dibilas menggunakan akuades. Setelah itu pH meter dicelupkan ke dalam sampel beberapa saat, hingga diperoleh pembacaan yang stabil. Nilai pH pada sampel gula cair nira aren dapat dibaca pada monitor pH meter.

II.4.3 Analisis kadar gula reduksi

Analisis kadar gula reduksi menggunakan metode Somogyi-Nelson berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Aksari *et al.* (2024). Reagen Nelson dibuat dengan menggunakan reagen Nelson A dan Nelson B dengan perbandingan 25:1. Sebelum pengujian kadar gula reduksi, terlebih dahulu sampel

dijernihkan dengan menggunakan larutan penjernih yang dibuat dengan menggunakan timbal(II) oksida (PbO), timbal(II) asetat ($\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2$), dan akuades dengan perbandingan 1:3:7. Sebelum bahan digunakan, terlebih dahulu timbal(II) oksida (PbO) ditanur dengan menggunakan suhu 600°C selama 15 menit, kemudian didinginkan dalam desikator. Setelah itu, semua bahan dimasukkan ke dalam tabung reaksi dan dihomogenkan. Langkah selanjutnya sampel sebanyak 1 mL dimasukkan ke dalam tabung sentrifugasi 2 mL, ditambahkan larutan penjernih dan larutan natrium karbonat (Na_2CO_3) 10% masing-masing 0,25 mL kemudian dihomogenkan.

Sampel disentrifugasi dengan kecepatan 7000 rpm selama 5 menit, kemudian dipipet 1 mL dan diencerkan. Sampel yang telah diencerkan dipipet sebanyak 1 mL, lalu dicampurkan dengan reagen Nelson sebanyak 1 mL. Setelah itu, dipanaskan pada air mendidih dengan suhu 90°C selama 20 menit, kemudian ditambahkan reagen arsenomolibdat 1 mL dan akuades 7 mL dan dihomogenkan menggunakan vortex. Kadar gula pereduksi diukur dengan menggunakan *spektrofotometer-UV-Vis* pada panjang gelombang 550 nm. Selanjutnya hasil absorbansi dibandingkan dengan kurva regresi linear larutan standar. Kurva standar larutan glukosa dapat dibuat dengan menggunakan larutan glukosa standar dengan konsentrasi 20, 40, 60, 80, 100 ppm. Kadar gula pereduksi dapat diketahui dengan menggunakan persamaan:

$$\% \text{Kadar Gula Reduksi} = (x)(fp)$$

II.4.4 Analisis total padatan terlarut

Analisis total padatan terlarut gula cair nira aren dilakukan menggunakan *hand-refractometer*. Prisma *refractometer* terlebih dahulu dibilas dengan menggunakan akuades, kemudian dikeringkan dengan menggunakan tisu. Selanjutnya sampel gula cair nira aren diteteskan pada prisma *refractometer* dan diukur $^\circ\text{Brix}$ sampel (Permadi *et al.* 2021).