



## Kajian Kehilangan Fermentable Sugar Selama Penyimpanan Tetes

### *A Study of Fermentable Sugar Losses during The Storage of Cane Molasses*

Latifah Miko Febrianty<sup>1)</sup>, Simpang Yuliatun<sup>1)</sup>, Linda Mustikaningrum<sup>1)</sup>, Opal Priya Wening<sup>1)</sup>, Retno Widowati<sup>2)</sup>, Aditya Yoga Kusuma<sup>2)</sup>, dan Risvan Kuswujanto<sup>1)</sup>

1) Pusat Penelitian Perkebunan Gula Indonesia, Pasuruan

2) PT Sinergi Gula Nusantara, Jakarta

Alamat korespondensi, Email: latifahmikof@gmail.com

### ABSTRAK

Kualitas tetes tebu dapat mengalami penurunan seiring dengan masa simpannya. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan informasi kualitas tetes dari pabrik gula tebu dan kehilangan *fermentable sugar* selama penyimpanan tetes pada variasi suhu. Tetes tebu yang diambil sebagai sampel merupakan tetes tebu segar dari produksi sebelum masuk tangki penyimpanan. Sampel merupakan tetes campuran yang diambil dari 6 wilayah kerja pabrik gula di lingkup PT Sinergi Gula Nusantara. Sampel tetes dianalisis karakter fisikokimia awal dan disimpan pada 4 suhu berbeda (suhu *ambient*, 35, 40, dan 45°C) selama 6 bulan dengan analisis fisikokimia setiap bulan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa secara umum tetes dari masing-masing pabrik gula memiliki kualitas yang sesuai sebagai bahan baku fermentasi. Namun semakin lama waktu penyimpanan dan semakin tinggi suhu penyimpanan menyebabkan kerusakan tetes semakin meningkat. Penurunan TSAI, *fermentable sugar*, dan sukrosa tetes paling tinggi terjadi pada waktu simpan 6 bulan dengan suhu 45°C yaitu berturut-turut 16,75%, 22,77%, dan 29,12%. Pengaruh variasi waktu dan suhu penyimpanan terhadap nilai TSAI, *fermentable sugar*, sukrosa, gula reduksi menunjukkan penurunan yang berbeda nyata. Pengaruh peningkatan suhu dan waktu simpan terhadap nilai *nonfermentable sugar* menunjukkan peningkatan yang berbeda nyata. Penyimpanan tetes pada suhu  $\geq 40^\circ\text{C}$  selama 4 bulan dapat menyebabkan penurunan *fermentable sugar* hingga  $>10\%$ .

Kata kunci : *fermentable sugar*, tetes tebu, suhu penyimpanan, lama penyimpanan

### ABSTRACT

*The quality of sugarcane molasses can deteriorate during storage. This study aims to obtain information related to the quality of molasses from mills and the loss of fermentable sugar based on temperature and storage period. The molasses samples consisted of fresh molasses from production before entering storage tanks. The sample consists of a mix molasses collected from six sugar mills under PT Sinergi Gula Nusantara. The molasses were analyzed for initial physicochemical characteristics and stored at four different temperatures (ambient, 35, 40, and 45°C) for six months, with physicochemical analysis conducted monthly. The results of the study indicate that, in general, quality of molasses from mills is suitable as a fermentation feedstock. However, longer storage periods and higher storage temperatures lead to increased deterioration of the molasses. The greatest decreases in TSAI, fermentable sugars, and sucrose content occurred after 6 months of storage at 45°C, at 16.75%, 22.77%, and 29.12%, respectively. The effects of variations in storage time and temperature on TSAI, fermentable sugar, sucrose, and reducing sugar levels showed significant differences in the extent of the*

*decreases. The effects of increased temperature and storage time on non-fermentable sugar levels showed significant differences in the extent of the increases. Storing molasses at temperatures of  $\geq 40^{\circ}\text{C}$  for 4 months can result in a decrease in fermentable sugar of  $>10\%$ .*

*Key words: fermentable sugar, cane molasses, storage temperature, storage periods*

## PENDAHULUAN

Tetes atau molasses merupakan produk samping pabrik gula, berupa cairan coklat yang masih mengandung gula namun tidak dapat dikristalkan lagi. Jumlah tetes yang dihasilkan dalam proses pengolahan gula adalah sekitar 5% dari jumlah tebu yang diolah. Komposisi tetes dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti kandungan non gula pada nira awal dan teknologi proses yang digunakan. Tetes mengandung total bahan kering terlarut sekitar 75-85 %, sukrosa 30-36%, gula reduksi 10-17%, kadar abu 10-16%, serta komponen lain berupa polisakarida, oligosakarida, asam-asam organik, protein dan senyawa nitrogen. Total gula yang terdapat pada tetes sekitar 44-66% terdiri dari gula terfermentasi (*fermentable sugar*) sekitar 40-55% dan gula tidak terfermentasi (*non fermentable sugar*) sekitar 4-5% (Duan *et al.*, 2009; Kompala *et al.*, 2010; Zohri *et al.*, 2018).

Secara umum tetes dapat dimanfaatkan dalam industri fermentasi, pakan ternak, dan lainnya. Tetes dipilih sebagai bahan baku fermentasi karena murah, mudah tersedia dan lebih mudah untuk dikonversi dibandingkan dengan bahan baku lain seperti pati atau material selulosa. Selain itu, gula yang terkandung dalam tetes siap untuk difermentasi tanpa memerlukan perlakuan pendahuluan (Razmovski & Vucurovic, 2011). Dalam industri fermentasi tetes dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan berbagai produk, seperti alkohol, monosodium glutamat (MSG), asam sitrat, asam asetat, ragi roti (*baker's yeast*), enzim, dan protein L-lysine. (Kassa *et al.*, 2024).

Namun demikian, dalam proses penyimpanannya, tetes seringkali mengalami kerusakan. Kerusakan pada

tetes akan mengakibatkan kehilangan gula sehingga menurunkan kualitas dan harga jual. Kerusakan tetes dapat terjadi akibat adanya reaksi kimia dan serta aktivitas mikrobiologi. Secara kimiawi, sukrosa dalam tetes lebih mudah rusak akibat terhidrolisis menjadi gula reduksi yaitu glukosa dan fruktosa. Adanya asam amino dan gula reduksi dapat memicu Reaksi Maillard atau reaksi spontan (*froth fermentation*) (Olbrich, 1963). Hal ini menyebabkan banyak kehilangan gula dalam tetes. Secara mikrobiologi tetes dapat terkontaminasi oleh mikroorganisme seperti: bakteri, ragi/yeast atau kapang. Pertumbuhan mikroorganisme tersebut mengonsumsi gula fermentasi dan menghasilkan metabolit yang tidak diinginkan. Kontaminasi mikroba akan berlangsung dengan cepat jika kondisi penyimpanan tidak steril atau suhu tidak terkontrol.

Kerusakan tetes ditandai dengan penurunan nilai brix, pol, kadar sukrosa, sementara kadar gula reduksi dan suhu meningkat (Hoi & Balyon, 1996). Reaksi Maillard dapat menyebabkan terjadinya penurunan total gula dari 50,73% menjadi 18,12%. Selain itu, sukrosa dapat menurun dari 37,80% menjadi 2,17%. Sementara itu jumlah gula reduksi dapat meningkat dari 12,93% menjadi 15,95% (Hoi & Balyon, 1996).

Kualitas tetes dapat ditentukan melalui beberapa parameter seperti harkat kemurnian, kandungan total gula, gula yang dapat difermentasi (*fermentable sugar*), jumlah mikroorganisme, bahan tersuspensi, dan kandungan nitrogen. Semakin tinggi jumlah *fermentable sugar* semakin baik kualitas tetes tersebut.

*Fermentable sugar* adalah sukrosa, glukosa dan fruktosa yang dapat difermentasi secara keseluruhan oleh yeast dan mikroorganisme lainnya. Kehilangan *fermentable sugar* berarti berkurangnya substrat yang tersedia, yang dapat menurunkan hasil (*yield*) produk fermentasi. Beberapa faktor yang mempengaruhi *fermentable sugar* dalam tetes selama penyimpanan antara lain: suhu dan lama waktu penyimpanan, gula reduksi, senyawa nitrogen, senyawa kalsium, mikroorganisme dan lainnya (Nootas, 2016).

Penyimpanan tetes dalam jumlah yang besar dalam waktu lama menjadi penting untuk diperhatikan terutama yang ditujukan untuk mempertahankan kualitas tetes. Penyimpanan yang sembarangan akan berdampak pada penurunan produktivitas dan menimbulkan permasalahan dalam prosesnya. Suhu penyimpanan yang tinggi dapat mempercepat reaksi kimia dan mikrobiologis yang menyebabkan kehilangan gula. Tingkat kelembaban yang tinggi dapat memicu pertumbuhan

mikroorganisme. Durasi penyimpanan yang panjang dapat meningkatkan risiko degradasi gula. Penyimpanan tetes dapat menyebabkan peningkatan warna, penurunan pH, peningkatan jumlah gula invert, dan penurunan kemurnian (Groom *et al.*, 2005). Material dan kebersihan wadah penyimpanan juga dapat memengaruhi stabilitas tetes.

Adanya potensi kerusakan tetes selama penyimpanan menyebabkan diperlukannya suatu kajian kehilangan fermentable sugar selama penyimpanan tetes. Kajian ini bertujuan untuk memberikan data ilmiah penurunan kualitas tetes dan kehilangan *fermentable sugar* yang dapat digunakan sebagai dasar pertimbangan dalam mengambil keputusan terkait pengelolaan tetes selama penyimpanan. Hal ini berhubungan dengan beberapa aspek seperti berapa lama tetes dapat disimpan tanpa kehilangan gula yang signifikan, kondisi penyimpanan tetes yang paling efektif, dan pertimbangan perlu tidaknya investasi dalam teknologi penyimpanan tetes yang lebih baik.

hidroksida, kalium-natrium tartrat, tembaga (II) sulfat, asam sitrat, natrium karbonat, kalium iodida, asam sulfat, amilum, diammonium fosfat, kalium okasalat, kalium dikromat, yeast, larutan EDTA, dan indikator methylene blue.

Alat yang digunakan dalam penelitian antara lain polarimeter, furnace, oven, sentrifuge, spektrofotometer. Peralatan lainnya seperti erlenmeyer, tabung gelas untuk sampel, pipet, labu ukur, pengaduk, timbangan, dan buret.

### **Sampling Tetes Tebu**

Tetes tebu yang diambil sebagai sampel merupakan tetes tebu segar dari produksi sebelum masuk tangki penyimpanan. Sampel tetes diambil dari 6 wilayah kerja pabrik gula, yaitu PG Glenmore, PG Asembagus, PG Ngadirejo, PG Pesantren Baru, PG Pagotan, dan PG Gempolkrep.

## **METODE**

### **Waktu dan Tempat**

Penelitian ini dilakukan pada bulan Juni 2025-April 2026. Lokasi pengambilan sampel tetes berada di 6 pabrik gula di lingkup PT Sinergi Gula Nusantara (SGN) yaitu PG Glenmore di Kabupaten Banyuwangi, PG Asembagus di Kabupaten Situbondo, PG Ngadirejo dan PG Pesantren Baru di Kabupaten Kediri, PG Pagotan di Kabupaten Madiun, serta PG Gempolkrep di Kabupaten Mojokerto. Lokasi penyimpanan dan analisis tetes dilakukan di Laboratorium Pasca Panen, Pusat Penelitian Perkebunan Gula Indonesia (P3GI).

### **Bahan dan Alat**

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah tetes tebu. Bahan kimia yang digunakan antara lain, larutan Pb-asetat, asam klorida 1:1, natrium

## Prosedur Penelitian

Sampel tetes dari 6 pabrik gula kemudian tetes dari masing-masing PG diambil sebagian untuk dicampurkan secara merata menjadi satu dengan perbandingan yang sama dan disebut **tetes gabungan (mix)**. Sampel tetes dari masing-masing PG dan sampel tetes gabungan (mix) dianalisis karakter fisikokimia awal dan disimpan pada 4 suhu berbeda (suhu ambient, 35, 40, dan 45°C) selama 6 bulan dengan analisis fisikokimia periodik setiap bulan. Suhu ruang diamati dalam kisaran 25°C hingga 34,3°C dan rata-rata 29,68°C. Penelitian dilakukan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 2 faktorial yaitu faktor suhu dan lama penyimpanan dengan 2 kali pengulangan.

## Parameter Analisis

Parameter yang dianalisis meliputi TSAI (metode ICUMSA GS4/3-3), sukrosa (metode ICUMSA GS4/7-1), gula reduksi (metode ICUMSA GS4/3-3), *fermentable sugar non fermentable sugar* (Metode Zohri *et al.* 2022 dengan modifikasi), *sludge volume* dan OD (Metode PT Miwon dengan modifikasi) serta kadar abu sulfat (metode ICUMSA GS1/3/4/7/8-11 (1994)).

## TSAI dan gula reduksi metode ICUMSA GS4/3-3

Penentuan TSAI dan gula reduksi pada tetes dilakukan menggunakan Lane-Eynon sesuai dengan metode GS4/3-3. Prinsip penentuan gula menggunakan metode Lane-Eynon yaitu didasarkan pada reaksi reduksi larutan fehling standar oleh larutan gula dimana larutan gula akan dapat mereduksi CuO yang berwarna biru menjadi Cu<sub>2</sub>O yang berwarna merah bata. Untuk analisa TSAI, tetes perlu dilakukan *hidrolisis* dengan menambahkan HCl 1:1 terlebih dahulu dengan tujuan menginversi sukrosa menjadi gula reduksi. Sementara untuk analisa gula reduksi, sampel tetes dilakukan analisa langsung, tanpa hidrolisis dengan asam.

Prosedur ini dilakukan dengan melarutkan tetes dan ditambahkan larutan EDTA. Larutan Fehling I & II masing-masing sebanyak 5 ml dimasukkan ke dalam erlenmeyer. Setelah itu larutan ditambahkan 15 mL larutan tetes dan sedikit batu didih. Campuran dipanaskan hingga mendidih dan ditambahkan dengan 3 tetes indikator *methylene blue*. Selanjutnya Campuran dititrasi dengan larutan tetes hingga warna biru pada larutan campuran menghilang dan berubah menjadi merah bata.

$$\text{Kadar gula reduksi (\%)} = \frac{b}{a} \times 100\% \quad (1)$$

Keterangan :

a : berat contoh (mg) yang terdapat dalam 100 mL titran

b : gula reduksi (mg) yang dibutuhkan untuk mereduksi 10 mL larutan standar fehling. (diperoleh dari Tabel hubungan antara volume titran dan berat gula reduksi)

Kadar TSAI dapat dihitung dengan persamaan 1. Perlakuan hidrolisis sampel sebelum analisis membedakan penentuan kadar TSAI ini dengan penentuan kadar gula reduksi.

## Penentuan sukrosa

Kadar sukrosa dalam tetes dapat ditentukan melalui perhitungan berdasarkan kadar TSAI dan gula reduksi yang telah diperoleh melalui metode Lane-Eynon. Kadar sukrosa dapat dihitung melalui persamaan berikut.

$$\text{Kadar sukrosa (\%)} = (\text{TSAI} - \text{Gula reduksi}) \times 0,85 \quad (2)$$

## *Non Fermentable Sugar* (Zohri *et al.*, 2022 dengan modifikasi)

Tetes sebanyak 12 gram ditambahkan dengan 75 ml air mendidih dalam erlenmeyer, kemudian didinginkan, dan ditambahkan 0,2 gram diammonium fosfat dan 25 gram yeast segar, serta beberapa tetes antifoam. Semua bahan dicampur dan ditutup dan diinkubasi pada suhu ruang selama 24 jam. Selanjutnya

larutan dipindahkan secara kuantitatif ke dalam labu ukur 250 ml dan ditambahkan 15 ml Pb asetat netral 10%, diencerkan sampai tanda, dan dicampurkan sampai homogen serta disaring. Sebanyak 150 ml filtrat dipindahkan ke dalam labu ukur 200 ml, selanjutnya ditambahkan potassium oksalat 4%, dan diencerkan dengan akuades sampai tanda. Filtrat kemudian diencerkan kembali dengan perbandingan 1:5 yang kemudian dititrisi dengan natrium thiosulfat untuk mengetahui kandungan gulanya. Total *non-fermented sugars* (NFS) dinyatakan dalam rumus sebagai berikut:

$$\text{NFS (\%)} = \frac{\text{Faktor Lane Eynon} \times \text{Faktor Fehling} \times 250 \times 200 \times 100 \times 0,2}{12 \times 150 \times (V_1) \times 1000} \quad (3)$$

Keterangan :

Faktor Lane Eynon : Faktor yang didapat dari Tabel standar titrasi Lane-Eynon, yang menghubungkan volume titrasi dengan jumlah gula pereduksi dalam sampel.

*Faktor Fehling* = Faktor titrasi larutan Fehling yang digunakan untuk mengonversi volume titrasi ke jumlah gula dalam mg. Ditentukan dengan rumus:

$$f = 25,64 / \text{volume lart. standar sukrosa yg digunakan (ml)}$$

### **Fermentable Sugar (FS)**

Penentuan gula yang dapat terfermentasi (fermentable sugar) diperoleh dari perhitungan banyaknya TSAI dikurangi gula yang tidak terfermentasi (*non fermentable sugar*). Banyaknya FS dinyatakan dalam persamaan 4.

$$\text{Fermentable sugar (FS)} = \text{TSAI} - \text{non fermentable sugar (NFS)} \quad (4)$$

### **Sludge Volume (SV)**

Larutan tetes 1:1 (w/w) dipanaskan pada waterbath hingga suhu larutan 55°C. Larutan kemudian ditambahkan dengan asam sulfat pekat (98%) hingga pH larutan 2,6. Setelah itu larutan didiamkan selama 1 jam, dihomogenkan, dan dipipet sebanyak

10 mL ke dalam tabung reaksi kemudian disentrifuge selama 10 menit. Endapan yang terbentuk diukur volumenya. *Sludge volume* pada tetes tebu, dapat dihitung melalui persamaan berikut

$$\text{Sludge volume (\%)} = \frac{10 - \text{Volume filtrat}}{10} \times 100 \quad (5)$$

### **Penentuan Kadar Abu Sulfat**

Penentuan kadar abu sulfat dilakukan menggunakan metode gravimetri. Sampel tetes ditimbang sebanyak 3 gram dalam cawan platina. Kemudian ditambahkan 2 mL asam sulfat pekat sedikit demi sedikit dan campurkan merata pada permukaan tetes.,. Larutan kemudian tetes panaskan sampai tetes mengarang seluruhnya. Setelah itu sampel tetes diabukan dalam tanur pada suhu 600°C selama 5 jam. Setelah dingin, cawan dikeluarkan dari tanur dan perlahan-lahan ditambahkan asam sulfat encer (1:1) sehingga abu menjadi basah. Kelebihan asam sulfat diuapkan sampai uap putih dari asam sulfat habis. Sampel kemudian dimasukkan ke dalam tanur dan dipanaskan kembali pada suhu 600°C selama 2 jam. Kemudian cawan dikeluarkan dari oven, dinginkan dalam desikator, lalu ditimbang. Kadar abu sulfat dalam sampel dapat dihitung melalui persamaan 6.

$$\text{Kadar abu sulfat (\%)} = \frac{\text{berat abu (gr)}}{\text{berat contoh tetes (gr)}} \times 100 \quad (6)$$

### **Penentuan OD**

Tetes ditimbang sebanyak 1 gram ke dan dilarutkan dengan ± 10 ml akuades. Larutan kemudian dipindahkan ke dalam labu ukur 500 ml, ditandabatkan, dan dihomogenkan. Larutan diukur absorbansinya pada panjang gelombang 400 nm. Nilai OD tetes dapat dihitung melalui persamaan berikut

$$\text{OD} = \frac{\text{Absorbansi} \times \text{Berat Jenis larutan tetes} \left( \frac{\text{cm}^3}{\text{g}} \right) \times 500}{\text{berat contoh tetes (gr)}}$$

## Analisa statistik

Data hasil analisis kimia sampel diolah menggunakan *software statistix 8.0* dengan One-way ANOVA untuk menilai pengaruh perlakuan waktu simpan dan suhu penyimpanan terhadap TSAI, fermentable sugar, nonfermentable sugar, sukrosa, gula reduksi. Nilai rata-rata kelompok perlakuan diuji dengan uji beda nyata terkecil (BNT) dengan taraf  $\alpha=5\%$ .

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Fisikokimia Tetes dari 6 Pabrik Gula

Kondisi fisikokimia tetes yang diambil dari 6 pabrik gula disajikan pada

Tabel 4. Tetes dari PG Glenmore mewakili tetes dari pabrik gula dengan proses Defekasi Remelt Karbonatasi (DRK). Tetes dari PG Pesantren Baru mewakili tetes yang diperoleh dari proses Fosfoflotasi. Tetes di PG Ngadirejo mewakili tetes yang diperoleh dari proses Sulfitasi. Tetes dari PG Pagotan mewakili tetes Wilayah Barat, tetes dari PG Gempolkrep mewakili Wilayah Tengah dan tetes dari PG Asembagus mewakili Wilayah Timur untuk Jawa Timur.

Tabel 1. Karakter fisikokimia tetes asal dan tetes campuran  
*Table 1. Physicochemical properties of the original molasses and the mix molasses*

Parameter <i>Parametres</i>	Kriteria persyaratan tetes bahan baku bioetanol <i>Requirements for bioethanol feedstock</i>	Asal Tetes <i>Origin of molasses</i>						Tetes Gabungan <i>Mix molasses</i>
		PG Glenmore	PG Pesantren Baru	PG Ngadirejo	PG Asembagus	PG Gempolkrep	PG Pagotan	
<i>Brix (%)</i>	80 - 90	87,2	82,01	86,26	79,99	85,54	89,69	84,11
<i>Sukrosa (%) Sucrose (%)</i>	-	35,09	37,85	32,05	33,08	41,43	32,68	35,28
<i>Gula reduksi (%) Reducing sugar (%)</i>	-	21,12	23,38	26,69	16,43	24,53	24,98	26,01
<i>Total sugar as Invert (TSAI) (%)</i>	Min. 50	52,72	59,89	63,9	53,43	70,2	66,82	60,06
<i>Non Fermentable Sugar (%)</i>	Maks. 5	4,9	3,82	3,48	3,19	3,99	4,58	3,34
<i>Fermentable sugar (%)</i>	-	47,82	56,07	60,42	50,24	66,21	62,24	56,72
<i>pH</i>	5,0 - 6,5	6,25	5,45	5,32	5,37	5,35	5,02	5,59
<i>Abu Sulfat (%) Sulphated ash (%)</i>	Maks 12	15,55	8,82	10,34	12,76	9,27	9,3	10,37
<i>Sludge volume (%)</i>	Maks 12	32	8,1	12,2	27	10,8	7,8	9,60
<i>Optical density</i>	-	166,48	128,04	109,17	208,85	90,71	180,43	142

Karakter sampel tetes yang diambil 6 PG tersebut memiliki kisaran brix 79,99-89,69%. Semakin tinggi nilai brix menunjukkan bahan kering terlarut juga semakin tinggi, dan sebaliknya untuk kandungan airnya semakin rendah. Kandungan sukrosa tetes berkisar antara 32,05 – 41,43%. Kadar gula sebagai invert (TSAI) berkisar antara 52,72 – 70,20%. Sampel tetes dengan kadar TSAI paling tinggi terdapat pada tetes dari PG Gempolkrep yaitu sebesar 70,20%. Sedangkan kadar TSAI paling rendah pada tetes yang berasal dari PG Glenmore.

Secara umum, semua tetes dari pabrik gula memenuhi kriteria sebagai bahan baku fermentasi. Namun, sampel dari PG Glenmore dan PG Asembagus memiliki tetes dengan abu sulfat dan sludge yang melebihi kriteria bahan baku fermentasi. Tetes PG Glenmore memiliki abu sulfat dan sludge sebesar 15, 55% dan 32%. Sementara tetes PG Asembagus memiliki abu sulfat dan sludge sebesar 12,76% dan 27%. Oleh karena itu, perlu dilakukan *pretreatment* apabila sampel tetes dari kedua pabrik gula tersebut akan digunakan sebagai bahan baku bioetanol.

### **Pengamatan parameter sukrosa, gula reduksi, dan TSAI**

Komponen penyusun utama tetes tebu adalah gula. Gula pada tetes dapat dikategorikan menjadi 3 jenis utama, yaitu sukrosa, glukosa, dan fruktosa. Glukosa dan fruktosa ini lah yang sering disebut dengan gula reduksi. Total gula dalam tetes biasa dinyatakan sebagai *total sugar as invert* (TSAI). Komponen gula ini yang dapat digunakan sebagai bahan baku fermentasi. Kerusakan gula tetes selama penyimpanan 6 bulan dengan 4 variasi suhu dapat dilihat di Gambar 1.

TSAI tetes gabungan (*mix*) berkurang dari awal sebesar 60,06% menjadi kisaran 50,01 - 53,01% yang diamati selama 6 bulan pada 4 variasi suhu penyimpanan (Gambar 1A). Setelah masa

simpan 6 bulan terjadi penurunan TSAI paling tinggi dari 60,06% menjadi 50,01% yaitu 10,05 poin terjadi pada suhu penyimpanan 45 °C. Sementara itu penurunan TSAI paling rendah sebesar 7,05 poin terjadi pada suhu penyimpanan 35 °C selama 6 bulan.

Gambar 1B menunjukkan kadar sukrosa tetes gabungan (*mix*) berkurang dari awal sebesar 35,28% menjadi kisaran 26,32 – 28,08% selama 6 bulan pada 4 variasi suhu penyimpanan. Setelah masa simpan 6 bulan, tetes mengalami penurunan kadar sukrosa paling tinggi dari 35,28% menjadi 26,32% yaitu 8,96 poin. Sementara itu selama 6 bulan penurunan kadar sukrosa tetes paling rendah dari 35,28% menjadi 28,08% yaitu sebesar 7,2 poin terjadi pada suhu penyimpanan 35°C.

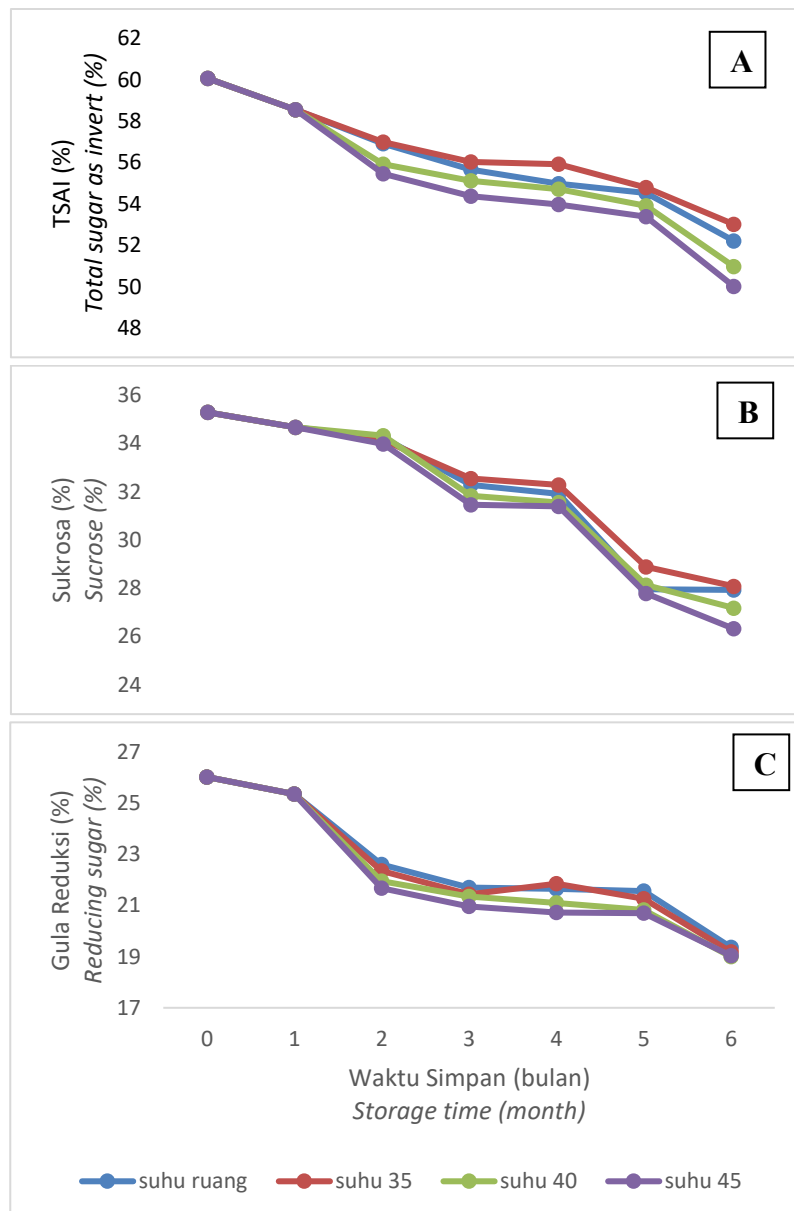
Kadar gula reduksi tetes gabungan (*mix*) pada Gambar 1C menunjukkan terjadinya penurunan dari awal sebesar 26,01% menjadi kisaran 19,03 – 19,36% selama 6 bulan pada 4 variasi suhu penyimpanan. Setelah masa simpan 6 bulan terjadi penurunan kadar gula reduksi paling tinggi dari 26,01% menjadi 19,03% yaitu 6,98 poin pada suhu penyimpanan 45 °C. Sementara itu penurunan kadar gula reduksi paling kecil dari 26,01% menjadi 19,36% yaitu sebesar 6,65 poin terjadi pada penyimpanan dengan suhu ruang selama 6 bulan.

Hasil pengamatan sampel tetes yang disimpan pada 4 variasi suhu penyimpanan menunjukkan penurunan sukrosa, gula reduksi, dan TSAI (Tabel 2). Sukrosa pada tetes mengalami penurunan dengan rentang nilai sukrosa sebesar 31,39-32,28%. Gula reduksi pada tetes mengalami penurunan dengan rentang nilai gula reduksi sebesar 20,69-21,56%. Sementara TSAI tetes mengalami penurunan dengan rentang nilai TSAI sebesar 50,00-53,00%. Semakin tinggi suhu penyimpanan, maka kandungan sukrosa, gula reduksi, dan TSAI akan semakin menurun. Penurunan terbesar terjadi pada suhu penyimpanan 45°C

dengan kandungan sukrosa, gula reduksi, dan TSAI berturut-turut sebesar 31,39%; 20,69%; dan 50,00%.

Hasil analisa statistik menunjukkan bahwa suhu penyimpanan tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap sukrosa dalam tetes, tapi memberikan pengaruh yang nyata terhadap kandungan gula reduksi dan TSAI pada tetes. Kandungan gula reduksi dan TSAI pada

tetes, suhu penyimpanan 45°C dan suhu ruang yang memberikan perbedaan nyata. Sementara suhu penyimpanan 35 dan 40°C memberikan perbedaan yang tidak nyata. Hal ini tidak sejalan dengan pernyataan Reheem *et al.* (2021) yang menyatakan bahwa suhu berpengaruh secara signifikan terhadap kandungan gula di tetes selama masa penyimpanan.



Gambar 1. Pengaruh suhu dan lama penyimpanan terhadap gula pada tetes: TSAI (A), sukrosa (B), dan gula reduksi (C)

Figure 1. The effects of temperature and storage periods on sugar content in molasses: TSAI (A), sucrose (B), and reducing sugar (C)

Tabel 2. Pengaruh suhu penyimpanan terhadap sukrosa, gula reduksi, dan TSAI

Table 2. The effect of storage temperature on sucrose, reducing sugar, and TSAI contents

Suhu (°C) Temperature (°C)	Sukrosa (%) Sucrose (%)	Gula reduksi (%) Reducing sugar (%)	Total Sugar as Invert (TSAI) (%)
Suhu ruang Ambient temperature	32,28 <sup>a</sup>	21,56 <sup>a</sup>	53,00 <sup>a</sup>
35	31,91 <sup>a</sup>	21,26 <sup>ab</sup>	52,21 <sup>ab</sup>
40	31,55 <sup>a</sup>	20,82 <sup>bc</sup>	50,96 <sup>ab</sup>
45	31,39 <sup>a</sup>	20,69 <sup>c</sup>	50,00 <sup>b</sup>

Keterangan : Angka pada kolom yang mempunyai notasi huruf yang berbeda menyatakan beda nyata pada uji BNT ( $\alpha=0,05\%$ )

Note: Different superscript letters indicated significant differences ( $\alpha=0,05\%$ )

Tabel 3. Pengaruh lama penyimpanan terhadap kandungan gula pada tetes

Table 3. The effect of storage periods on the sugar content in molasses

Lama penyimpanan (bulan) Storage periods (month)	Gula Sukrosa (%) Sucrose (%)	Gula reduksi (%) Reducing sugar (%)	Total Sugar as Invert (TSAI) (%)
1	34,37 <sup>a</sup>	25,34 <sup>a</sup>	58,56 <sup>a</sup>
2	34,16 <sup>a</sup>	22,14 <sup>b</sup>	56,31 <sup>b</sup>
3	32,03 <sup>b</sup>	21,36 <sup>c</sup>	55,28 <sup>c</sup>
4	31,78 <sup>b</sup>	21,33 <sup>c</sup>	54,89 <sup>cd</sup>
5	28,19 <sup>c</sup>	21,08 <sup>c</sup>	54,14 <sup>d</sup>
6	27,37 <sup>d</sup>	19,12 <sup>d</sup>	51,54 <sup>c</sup>

Keterangan : Angka pada kolom yang mempunyai notasi huruf yang berbeda menyatakan beda nyata pada uji BNT ( $\alpha=0,05\%$ )

Note: Different superscript letters indicated significant differences ( $\alpha=0,05\%$ )

Data kandungan gula pada tetes akibat pengaruh lama waktu simpan ditampilkan pada Tabel 3. Hasil pengamatan sampel tetes yang disimpan selama 6 bulan menunjukkan penurunan sukrosa, gula reduksi, dan TSAI. Sukrosa pada tetes mengalami penurunan dengan rentang nilai sukrosa sebesar 27,37-34,37%. Gula reduksi pada tetes mengalami penurunan dengan rentang nilai gula reduksi sebesar 19,12-25,34%. Sementara TSAI tetes mengalami penurunan dengan rentang nilai TSAI sebesar 51,54-58,56%.

Semakin lama waktu penyimpanan, kehilangan sukrosa, gula reduksi, dan TSAI pada tetes juga akan semakin tinggi. Hasil analisa statistik dari data, didapatkan bahwa lama waktu simpan berpengaruh secara nyata terhadap kualitas tetes. Semakin lama waktu simpan, maka kualitas tetes akan semakin menurun baik dari parameter sukrosa, gula reduksi, dan TSAI. Penurunan paling tinggi terjadi pada umur simpan 6 bulan dimana kadar sukrosa, gula reduksi, dan TSAI berturut-turut menjadi sebesar 27,37%; 19,12%; dan 51,54%. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Zohri *et al.* (2022) yang menyatakan bahwa gula pada tetes akan menurun seiring dengan lamanya waktu simpan akibat reaksi kimia maupun aktivitas biologis.

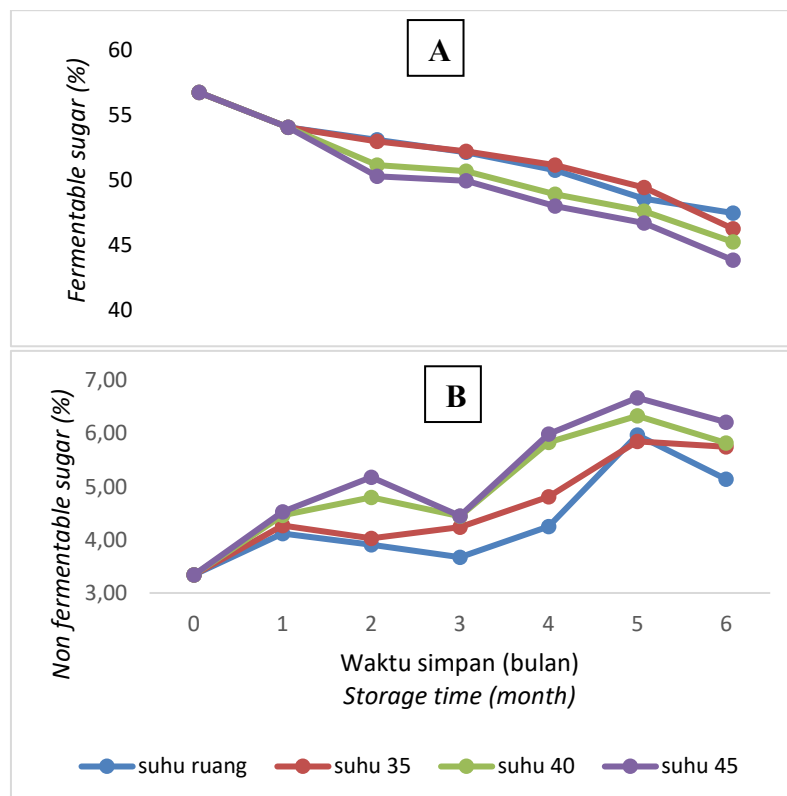
Semakin tinggi suhu penyimpanan, kehilangan sukrosa, gula reduksi, dan TSAI pada tetes juga akan semakin tinggi. Peningkatan suhu penyimpanan menyebabkan aktivitas mikroorganisme maupun reaksi kimia dalam tetes juga meningkat. Hal ini mengakibatkan kehilangan sukrosa dan gula reduksi juga meningkat. Kehilangan sukrosa dan gula reduksi pada tetes juga sejalan dengan kehilangan TSAI pada tetes. Hal ini disebabkan karena sukrosa dan gula reduksi merupakan bagian dari TSAI, dimana semakin kecil kandungan sukrosa dan gula reduksi pada tetes, maka makin kecil pula TSAI.

Kerusakan gula pada tetes selama masa penyimpanan dapat disebabkan

karena terjadinya dekomposisi akibat reaksi antara gula pereduksi dalam molase dan zat organik yang tidak stabil, yang terbentuk dalam proses pemurnian akibat kelebihan kapur yang ada pada suhu yang sesuai. Dekomposisi ini terjadi secara bertahap dan dapat menyebabkan hilangnya gula akibat inversi sukrosa. Reaksi gula reduksi dan asam amino serta proses metabolisme organisme osmofilik dapat berperan dalam penurunan kadar gula dan gula invert secara bertahap selama molase disimpan. Kehilangan gula reduksi pada tetes akan

dapat meningkatkan kandungan *non fermentable sugar* (Zohri *et al.*, 2022).

Semakin lama waktu penyimpanan tetes, semakin meningkat kontaminasi mikroorganisme yang terjadi. Adanya aktivitas mikroorganisme yang meningkat menyebabkan semakin banyak sukrosa yang hilang. Kondisi ini didukung oleh hasil penelitian yang dilakukan oleh Bhatti *et al.* (2019) yang menyebutkan bahwa peningkatan lama waktu penyimpanan tetes dapat menyebabkan penurunan jumlah sukrosa dan TSAI.



Gambar 2. Pengaruh suhu dan lama penyimpanan terhadap *fermentable sugar* (A) dan *non fermentable sugar* tetes (B)

Figure 2. The effects of temperature and storage periods on *fermentable sugar* (A) and *non fermentable sugar* in molasses(B)

### **Non fermentable sugar (NFS) dan fermentable sugar (FS)**

Gula pada tetes dapat dibagi menjadi dua, yaitu gula yang dapat difermentasi (*fermentable sugar*) dan gula yang tidak dapat difermentasi (*non*

*fermentable sugar*). *Fermentable sugar* merupakan gula yang dapat difermentasi oleh yeast atau bakteri. Pada tetes *fermentable sugar* meliputi sukrosa, glukosa, dan fruktosa. *Fermentable sugar* ini lah yang dapat digunakan sebagai bahan

baku industri fermentasi. Sementara *non fermentable sugar* merupakan bahan gula yang mengandung pereduksi yang tidak dapat dicerna atau difermentasi oleh *Saccharomyces cerevisiae*. *Non fermentable sugar* seperti residual polisakarida khusus yang terbentuk selama proses pengolahan gula (pektin, selulosa, dextran) dan residual monosakarida. Karakteristik fermentable sugar dan non fermentable sugar pada tetes yang disimpan selama 6 bulan dengan 4 variasi suhu disajikan pada Gambar 2.

Tabel 4. Pengaruh suhu penyimpanan terhadap *fermentable sugar* dan *non fermentable sugar*

Table 4. The effect of storage temperature in *fermentable sugar* and *non fermentable sugar*

Suhu (°C) Temperature (°C)	<i>Non Fermentable Sugar (%)</i>	<i>Fermentable Sugar (%)</i>
Suhu ruang <i>Ambient temperature</i>	4,34 <sup>a</sup>	47,44 <sup>a</sup>
35	4,60 <sup>ab</sup>	46,22 <sup>ab</sup>
40	5,00 <sup>ab</sup>	45,20 <sup>ab</sup>
45	5,19 <sup>b</sup>	43,80 <sup>b</sup>

Keterangan : Angka pada kolom yang mempunyai notasi huruf yang berbeda menyatakan beda nyata pada uji BNT ( $\alpha=0,05\%$ )

Note: Different superscript letters indicated significant differences ( $\alpha=0,05\%$ )

Hasil analisa statistik menunjukkan bahwa suhu penyimpanan memberikan pengaruh yang nyata terhadap *fermentable sugar* dan *non fermentable sugar* dalam tetes. Perbedaan nyata baik dalam peningkatan non fermentable sugar maupun kehilangan fermentable sugar terjadi pada suhu penyimpanan 45°C dan suhu ruang. Suhu penyimpanan 35 dan 40°C memberikan perbedaan yang tidak nyata terhadap peningkatan non fermentable sugar dan kehilangan fermentable sugar. Hal ini sejalan dengan pernyataan Nootas *et al.* (2016)

yang menyatakan bahwa suhu penyimpanan berpengaruh secara signifikan terhadap kehilangan fermentable sugar di tetes selama masa penyimpanan.

Tabel 5. Pengaruh waktu simpan terhadap *non fermentable sugar* dan *fermentable sugar*

Table 5. The effect of storage periods in *non fermentable sugar* and *fermentable sugar*

Lama penyimpanan (bulan) <i>Sotrage periods (month)</i>	<i>Non Fermentable Sugar (%)</i>	<i>Fermentable Sugar (%)</i>
1	4,34 <sup>c</sup>	54,03 <sup>a</sup>
2	4,46 <sup>c</sup>	51,85 <sup>b</sup>
3	4,19 <sup>c</sup>	51,22 <sup>b</sup>
4	5,22 <sup>b</sup>	49,67 <sup>c</sup>
5	6,20 <sup>a</sup>	48,05 <sup>d</sup>
6	5,72 <sup>ab</sup>	45,66 <sup>c</sup>

Keterangan : Angka pada kolom yang mempunyai notasi huruf yang berbeda menyatakan beda nyata pada uji BNT ( $\alpha=0,05\%$ )

Note: Different superscript letters indicated significant differences ( $\alpha=0,05\%$ )

Data peningkatan *non fermentable sugar* dan penurunan *fermentable sugar* pada tetes akibat pengaruh lama waktu simpan dapat dilihat pada Tabel 5. Tetes yang disimpan selama 6 bulan menunjukkan peningkatan *non fermentable sugar* dengan rentang nilai sebesar 4,34-6,20%. Peningkatan non fermentable sugar terbesar terjadi pada umur simpan 5 bulan dengan nilai sebesar 6,20%. *Fermentable sugar* berbanding terbalik dengan *non fermentable sugar*, dimana *fermentable sugar* pada tetes mengalami penurunan dengan rentang nilai sebesar 45,66-54,03%. Penurunan paling besar terjadi pada umur simpan 6 bulan dengan nilai sebesar 45,66%.

Hasil analisis statistik menunjukkan bahwa lama penyimpanan tetes memiliki pengaruh yang nyata terhadap kandungan

non fermentable sugar dan fermentable sugar pada tetes. Semakin lama waktu penyimpanan, maka kandungan *non fermentable sugar* akan semakin meningkat dan *fermentable sugar* akan semakin menurun. Peningkatan *non fermentable sugar* secara signifikan terjadi pada umur simpan 4 dan 5 bulan. Sementara *fermentable sugar* mengalami penurunan secara signifikan pada umur simpan 2 bulan dan terus menurun secara signifikan seiring dengan waktu simpan. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Zohri *et al.* (2022) yang menyatakan bahwa semakin lama waktu simpan tetes, maka kerusakan gula reduksi akan semakin meningkat. Kerusakan gula reduksi dalam tetes selama masa penyimpanan akan menyebabkan kandungan *non fermentable sugar* pada tetes akan semakin meningkat (Zohri *et al.*, 2022).

Penyimpanan tetes pada suhu ruang selama 5 bulan dapat mengurangi peningkatan kandungan *non fermentable sugar* hingga <5%. Penyimpanan tetes pada suhu yang lebih tinggi (35 °C ke atas) menyebabkan penurunan kualitas tetes karena kandungan *non fermentable sugar* >5%. *Non fermentable sugar* dalam tetes dapat meningkat akibat kerusakan tetes terutama terjadi pada suhu tinggi (>45 °C) (Zohri *et al.*, 2022).

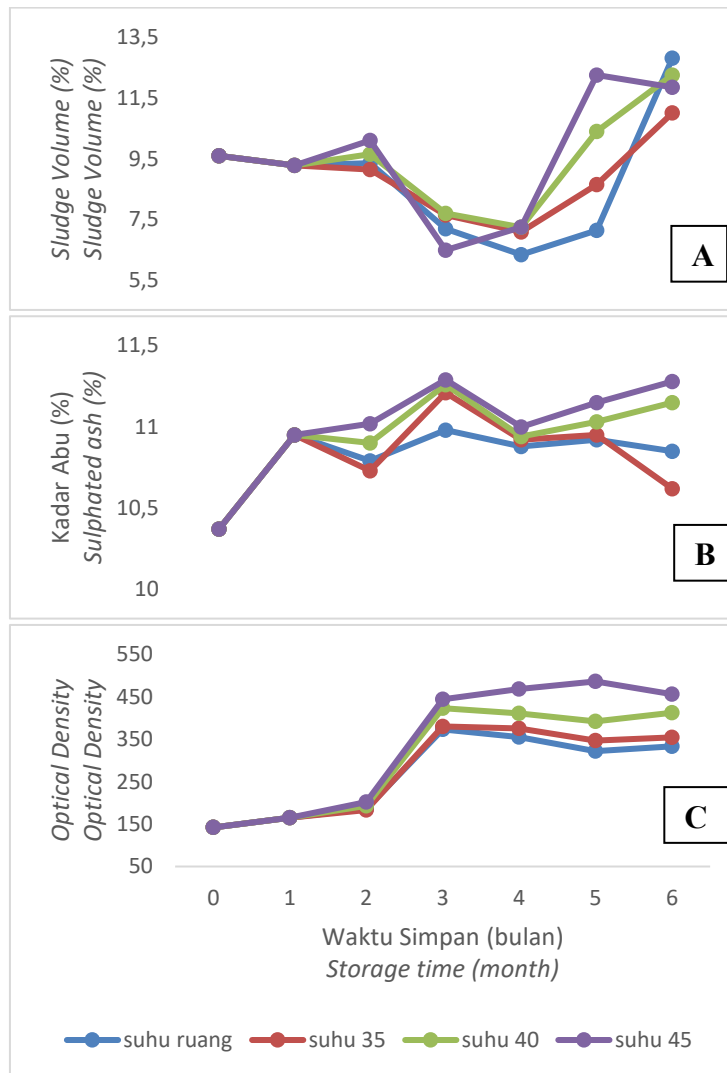
### **Sludge volume, abu sulfat, dan OD**

Sludge volume, abu sulfat dan OD tetes selama masa simpan 6 bulan dengan 4 variasi suhu (suhu ambien, 35, 40, dan 45) dapat dilihat pada Gambar 1. Gambar 1A menunjukkan pengamatan *sludge volume* tetes selama 6 bulan dengan 4 variasi suhu penyimpanannya. Sludge atau lumpur endapan tetes yang ada dalam tetes menjadi sumber kontaminasi mikrobial dalam suatu fermentasi (Vela *et al.*, 2024). *Sludge* yang terbentuk dalam tetes merupakan dampak dari peningkatan konsentrasi pengotor (*impurities*) bahan-bahan organik dan

anorganik dalam tetes. Asam-asam organik dan mineral dalam tetes yang dihasilkan oleh aktivitas mikrobial asam asetat dan asam laktat, dapat menghambat pertumbuhan yeast, menurunkan viabilitas dan kapasitas fermentatifnya dalam produksi etanol. Semakin rendah *sludge volume* dalam tetes maka semakin baik tetes tersebut sebagai bahan baku fermentasi. *Sludge volume* tetes untuk bahan baku fermentasi disarankan maksimal 12%.

Secara umum *sludge volume* pada sampel tetes mix tersebut meningkat selama waktu penyimpanan. Meskipun demikian pola peningkatan *sludge volume* tersebut tidak konsisten karena terjadi penurunan dan peningkatan (Gambar 3A). Penurunan *sludge volume* tetes terjadi dari pengamatan bulan ke-1 hingga bulan ke 4 pada semua variasi suhu penyimpanan. Penurunan *sludge volume* paling besar terjadi pada penyimpanan dengan suhu ruang yaitu dari *sludge volume* awal 9,6% menjadi 6,35% atau 3,25 poin. Hasil pengamatan bulan ke 5 menunjukkan terjadinya peningkatan *sludge volume*, dimana peningkatan paling tinggi terjadi pada suhu penyimpanan 45°C dengan nilai *sludge volume* 12,25%. *Sludge* dalam tetes dapat membentuk suatu mekanisme yang dapat mengisolasi dan melindungi mikroorganisme (Vela *et al.*, 2024). Hal ini lah yang dapat menyebabkan penurunan kualitas tetes selama masa penyimpanan.

Gambar 3B menunjukkan hasil pengamatan kadar abu sulfat tetes selama 6 bulan dengan 4 variasi suhu penyimpanan. Kadar abu dalam tetes terutama disebabkan adanya bahan-bahan anorganik, mineral-mineral yang terdapat dalam tetes. Adanya kadar abu yang tinggi dalam tetes dapat mengganggu atau menghambat dalam proses fermentasi. Oleh karena itu kadar abu dalam tetes perlu dibatasi. Persyaratan tetes sebagai bahan baku fermentasi dibatasi kadar abunya maksimal 12%.



Gambar 3. Pengaruh suhu dan lama penyimpanan terhadap sludge volume (A), abu sulfat (B), dan OD (C) pada tetes

Figure 3. The effects of temperature and storage periods on sludge volume (A), sulphated ash (B), and OD (C) in molasses

Pola peningkatan kadar abu tetes gabungan (*mix*) tidak konsisten peningkatannya. Namun demikian secara umum terjadi peningkatan kadar abu pada penyimpanan tetes 6 bulan dari 10,37% menjadi 10,85-11,28%. Peningkatan kadar abu paling tinggi terjadi pada variasi suhu penyimpanan 45°C yaitu dari 10,37% menjadi 11,28% atau 1,09 poin. Pada suhu penyimpanan lebih rendah dari 45°C maka peningkatan kadar abunya juga lebih rendah. Namun demikian kadar abu awal penyimpanan sangat menentukan terhadap nilai kadar abu hingga pengamatan 6 bulan.

Tetes dengan kadar abu awal < 12% lebih aman dalam penyimpanan tetes, sehingga masih memenuhi kriteria persyaratan tetes sebagai bahan baku fermentasi. Penelitian yang dilakukan oleh Zohrid *et al.* (2022) menyatakan bahwa semakin tinggi kadar abu di dalam tetes maka efisiensi fermentasi akan semakin rendah. Menghilangkan abu dalam tetes dapat meningkatkan efisiensi fermentasi (Zohri *et al.*, 2022).

Sementara Gambar 3C menunjukkan hasil pengamatan OD sampel tetes selama 6 bulan dengan 4 variasi suhu penyimpanan. *Optical density* atau OD

adalah parameter yang belum lazim saat ini untuk kualitas tetes. Namun beberapa pengguna dan pembeli tetes memasukkan terpenuhinya persyaratan OD tetes. Penggunaan OD ini untuk pendekatan analisa warna tetes. Semakin tinggi nilai OD maka semakin meningkat warna tetes (Aleem, 2020). Adanya ion besi (Fe) bereaksi dengan fenolik dapat meningkatkan warna tetes (Hung & Tuan, 2015). Senyawa-senyawa melanoidin dan reaksi Maillard juga meningkatkan nilai OD.

Sampel tetes gabungan (*mix*) mengalami peningkatan OD dari 142 mengalami kenaikan landai hingga waktu penyimpanan bulan ke-2 menjadi 186 – 202 atau sebesar 44 - 60 poin. Peningkatan OD terjadi sangat tajam hingga nilai OD menjadi 373 – 444 pada bulan ke-3 waktu penyimpanan tetes. Selanjutnya hasil pengamatan OD bulan ke-3 hingga ke-6 perubahan nilai OD relatif stabil berada pada kisaran 333-456. Pengaruh suhu penyimpanan nampak terjadi pada hasil pengamatan OD bulan ke-3 hingga ke-6, yaitu semakin tinggi suhu penyimpanan.

Hasil pengamatan OD tetes dari sampel tetes yang disimpan selama 6 bulan dalam 4 variasi suhu penyimpanan menunjukkan peningkatan OD tetes seiring dengan peningkatan waktu simpan dan peningkatan suhu penyimpanan. Semakin tinggi suhu penyimpanan maka peningkatan OD juga akan semakin tinggi. Hal ini sesuai dengan Reheem *et al.* (2021) yang melaporkan penyimpanan tetes dengan beberapa jenis wadah terjadi peningkatan nilai OD seiring dengan meningkatnya waktu penyimpanan dan meningkatnya suhu penyimpanan tetes. Hal serupa dilaporkan oleh Hung & Tuan (2015) yang menyatakan bahwa terjadi peningkatan index warna sirup nira kental yang disimpan sementara dalam *supply tank* sebelum dimasukkan ke tanki kristalisasi. Adanya ion besi yang bereaksi dengan polifenolik nira kental menyebabkan peningkatan warna. Selama nira kental atau tetes

disimpan, tetes atau nira kental yang asam terus-menerus terpapar udara atmosfer dan permukaan besi tanki, sehingga teroksidasi menyebabkan warna gelap.

## KESIMPULAN

Semakin lama waktu penyimpanan dan semakin tinggi suhu penyimpanan menyebabkan kualitas tetes semakin menurun. Penurunan ini ditandai dengan hilangnya sukrosa, gula reduksi, dan TSAI. Penurunan kualitas tetes paling tinggi terjadi pada suhu simpan 45°C selama 6 bulan. Penyimpanan tetes pada suhu  $\geq 40^\circ\text{C}$  selama 4 bulan dapat menyebabkan penurunan *fermentable sugar* hingga  $>10\%$  dan peningkatan kandungan *non fermentable sugar* menjadi  $>5\%$ . Selain itu, semakin tinggi suhu dan lama penyimpanan, juga meningkatkan *sludge*, kadar abu, dan OD tetes.

## DAFTAR PUSTAKA

- Aleem, A.W.M. 2020. Effect of sugarcane juice pre-treatment on the quality and crystallization of sugarcane syrup (treacle). *Journal of Food Processing & Technology*, 11(7), 834.
- Bhatti, Z.A., Rajput, M.U., Maitlo, G., Solangi, Z.A., Shaikh, G.S. (2019) Impact of storage time, rain and quality of molasses in the production of bioethanol. *Mehran University Research Journal of Engineering & Technology*. 38 (4): 1021-1032.
- Duan, G., Ruan, Z., Shetty, J.K. & Xu, H. 2009. Enhanced fermentation process using molasses. Patent WO 2009/134964 A2.
- Groom, D.R., McGillivray, T.D., Heggeness, J.H. & Samaraweera, I.S. (2005) Results of longterm storage of molasses desugarization extract. Conference: 33rd Biennial Meeting of American Society of Sugarbeet Technologist. 91-101.
- Hoi, I.S. & Balyon, J.C. (1996) Maillard reaction in molasses storage tank.

- Proceedings African Sugar Technology Association*. 70.
- Hung, L. & Tuan, H. Q. (2015) Changes in colour index of clarified sugarcane syrup during storage in pan supply tanks. *Journal Science & Devel.* (2): 259-263
- ICUMSA GS1/3/4/7/8-11 (1994) The determination of sulphated ash in raw sugar, brown sugar, juice, syrup and molasses. (Official Method)
- ICUMSA Method GS4-3 (2007) The Determination of Reducing Sugars in Cane Molasses and Certain Refined Syrups by the Lane & Eynon Constant Volume Procedure - Official
- Olbrich, H. 1963. *The Molasses*. Biotechnologie-Kempe GmbH. Berlin
- Kassaa, M.G., Asemub, A.M., Belachewa, M.T., Satheeshc, N., Aberab, B.D. and Teferia, carD.A. (2024) Review on the application, health usage, and negative effects of molasses. *Cyta – Journal Of Food*, 22(1), 2321984
- Kompala, S.D., Dash, S.S. & Ramachandrappa, S. 2010. An enzymatic process to enhance total reducing sugars (fermentable & unfermentable sugars) in molasses, post production during transport and storage. Paten WO 2010/086841 A2.
- Nootas, R., Suwannasarn, P., Mueangmontri, R. & Pliansinchai, U. (2016) Development of a model to estimate fermentable sugar losses during the storage of molasses. *Proceedings of the International Society of Sugar Cane Technologists*, 29: 1409-1415.
- Razmovski, R. & Vucuroviv, V. (2011). Ethanol production from sugar beet molasses by *S. cerevisiae* entrapped in an alginate–maize stem ground tissue matrix. *Enzyme and Microbial Technology*. 48(4-5): 378-385
- Reheem, H.A., Kenawi, M.A., Ali, H.M., & Hussien, S.M. (2021). Physicochemical evaluation of sugarcane molasses (black honey) during storage in various packaging materials. *Asian Journal of Applied Chemistry Research*.10(3-4): 66-72.
- Vela, D.F.Y., Becerra, J.S., Valencia, J.D.B., Castelo, M.C.S., Rios, M.M., & Zapata, N.J.G., (2024) Removing Sludge from B Molasses at the Providencia Sugar Mill Distillery: Performance Evaluation and Proposed Operating Alternative. *Sugar Technology*. 26(3):902–907.
- Zohri, A.N.A., Soliman, M.F., Ibrahim, O.M. & Aziz, A.M.A. (2022) Reducing heavy metals content in sugarcane molasses and its effect on ethanol fermentation efficiency. *Egyptian Sugar Journal* (2022), 18: 60 – 67.
- Zohri, A. N. A., Soliman, M. F., Ibrahim, O. M., & Abdel Aziz, A. M. 2022. Deterioration of Sugarcane Molasses During Storage and Its Effect on Ethanol Fermentation Efficiency in Distillery Factories. *Egyptian Sugar Journal*, 18, 32-39.