

**EFFECT OF SUGARCANE QUALITY ON WHITE CRYSTAL SUGAR PRODUCTION RESULTS**

**PENGARUH KUALITAS TEBU TERHADAP HASIL PRODUKSI GULA KRISTAL PUTIH**

Amaliah Dwi Ramadhani<sup>1</sup>, Selfina Gala<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Program Studi Teknik Kimia Universitas Fajar Makassar

E-mail: [amaliahdwiii@gmail.com](mailto:amaliahdwiii@gmail.com)

**ARTICLE INFO**

**ABSTRACT**

**Correspondent:**

**Amaliah Dwi Ramadhani**  
[amaliahdwiii@gmail.com](mailto:amaliahdwiii@gmail.com)

**Key words:**

White crystal sugar, sugarcane, pH, Brix, Polarization, Moisture content

**Website:**

<https://idm.or.id/JSCR/index.php/JSCR>

Page: 406 - 420

*This study aims to determine the effect of sugarcane quality on white crystal sugar production and analyze the standard quality of white crystal sugar produced from different raw materials, namely Company-Managed Sugarcane (TS) and Smallholder Sugarcane (TR). The research variables include the raw materials (TS and TR) and storage duration of 10 hours, 24 hours, and 48 hours. The results show that TS and TR samples stored for 10 hours fall into Grade A quality. Grade A sugar has a stable pH (6.70 for TS, 6.60 for TR), high %Brix (16.28% for TS, 16.67% for TR), high polarization, better juice purity, low ICUMSA value, optimal grain size, and low moisture content (0.06%). In contrast, Grade E has lower pH, %Brix, polarization, and juice purity, higher ICUMSA value, larger grain size, and higher moisture content.*

Copyright ©2025 JSCR. All rights reserved.

INFO ARTIKEL	ABSTRAK
<p><b>Koresponden</b></p> <p><b>Amaliah Dwi Ramadhani</b> <i>amaliahdwiii@gmail.com</i></p> <p><b>Kata kunci:</b> gula kristal putih, tebu, pH, Brix, Polarisasi, Kadar Air</p> <p><b>Website:</b> <i>https://idm.or.id/JSCR/index.php/JSCR</i></p> <p><b>Hal: 406 - 420</b></p>	<p>Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh kualitas tebu terhadap hasil produksi gula kristal putih dan mengetahui hasil analisis standar baku gula kristal putih yang dihasilkan dari bahan baku tebu dari tempat yang berbeda yaitu dari Tebu Sendiri (Tebu yang dikelola oleh Perusahaan) dan Tebu Rakyat. Adapun variabel penelitian adalah bahan baku dari Tebu Sendiri (TS) dan Tebu Rakyat (TR), serta waktu penyimpanan bahan baku 10 jam, 24 jam, dan 48 jam. Hasil penelitian yang diperoleh menunjukkan sampel Tebu Sendiri dan Tebu Rakyat yang disimpan dalam waktu 10 jam masuk dalam kategori Mutu A. Mutu A menghasilkan gula dengan pH stabil (6,70 untuk TS, 6,60 untuk TR), %Brix tinggi (16,28% untuk TS, 16,67% untuk TR), %Polarisasi tinggi, kemurnian nira lebih baik, nilai ICUMSA rendah, ukuran butir optimal, dan kadar air rendah (0,06%). Sebaliknya, Mutu E memiliki pH, %Brix, %Polarisasi, dan kemurnian nira lebih rendah, nilai ICUMSA tinggi, ukuran butir lebih besar, serta kadar air lebih tinggi.</p> <p style="text-align: right;"><i>Copyright ©2025 JSCR. All rights reserved.</i></p>

## PENDAHULUAN

Industri gula merupakan salah satu sektor strategis yang memiliki peran penting dalam mendukung ketahanan pangan dan perekonomian nasional. Gula kristal putih (GKP) merupakan produk utama yang banyak dikonsumsi, baik sebagai bahan baku industri pangan maupun sebagai pemanis dalam rumah tangga. Di Indonesia, kebutuhan gula terus meningkat seiring dengan pertumbuhan penduduk dan perkembangan industri makanan dan minuman. Namun, produksi gula dalam negeri masih menghadapi berbagai tantangan, salah satunya adalah kualitas bahan baku, yaitu tebu (*Saccharum officinarum*).

Perkebunan tebu di Sulawesi Selatan tersebar di beberapa kabupaten, seperti Bone, Takalar, dan Gowa, dengan total luas areal mencapai 12.960 hektar pada tahun 2021. Kabupaten Bone menjadi penghasil tebu terbesar dengan total produksi mencapai 3.624 ton. Meskipun luas lahan tebu mengalami sedikit penurunan sejak tahun 2017, pemerintah provinsi terus berupaya mengembangkan sektor ini melalui program perluasan lahan dan peningkatan produksi. Pada tahun 2024, Sulawesi Selatan mulai serius mengembangkan perkebunan tebu dengan luas panen mencapai 2.037 hektar sebagai bagian dari komitmen dalam mendukung ketahanan pangan dan memenuhi kebutuhan gula nasional (Stefry et al., 2021).

Klasifikasi kualitas bahan baku tebu didasarkan pada kriteria uji visual yang mencakup lima kategori mutu, yaitu: Mutu A (Prima): Tebu hasil tebangannya once/dongkel pada puncak masak; bersih mutlak (bebas dari daduk, pucuk, tanah, akar, sogolan, dan tebu mati); batang besar, lurus, tidak dicacah, sangat segar, dan memiliki ruas normal. Mutu B (Masak Bersih Segar): Tebu dengan kematangan optimal, tidak dicacah, bebas dari sogolan; bersih (sedikit daduk, pucuk, tanah, akar, dan tebu mati); batang agak besar, agak bengkok, dan ruas medium/ sedang. Mutu C (Kotor): Tebu dengan adanya daduk, pucuk, tanah, akar, sogolan, dan tebu mati; batang kecil, bengkok, ruas pendek, dicacah; agak layu dan tercampur dengan tebu mati. Mutu D (Sangat Kotor): Tebu dengan banyak kandungan daduk, pucuk, tanah,

akar, dan sogolan; batang kecil, bengkok, sangat pendek, banyak cacahan; tebu mati, layu, dan sangat muda. Mutu E: Tebu yang terbakar (Setyawati, 2017).

Kualitas tebu memiliki pengaruh langsung terhadap hasil produksi gula kristal putih, baik dari segi kuantitas maupun kualitas. Parameter utama dalam kualitas tebu meliputi kadar brix, polarisasi (pol), dan kemurnian nira. Kadar brix menunjukkan tingkat kepekatan atau kandungan zat padat terlarut dalam nira tebu, sedangkan pol menunjukkan kadar sukrosa yang terkandung di dalam tebu. Semakin tinggi kadar brix dan pol tebu, semakin besar potensi hasil gula yang dapat dihasilkan. Selain itu, kemurnian nira juga berperan penting dalam menentukan efisiensi proses produksi dan kualitas akhir produk gula kristal putih (Husna et al., 2023).

Pabrik gula sebagai perusahaan pengolahan gula memiliki komitmen untuk meningkatkan efisiensi dan kualitas produksi gula kristal putih. Untuk mencapai tujuan tersebut, penting bagi perusahaan untuk memperhatikan kualitas tebu sebagai bahan baku utama. Fluktuasi kualitas tebu, yang dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti kondisi iklim, pemupukan, varietas, dan waktu panen, sering kali menjadi tantangan dalam menjaga stabilitas produksi.

Melalui penelitian ini, diharapkan dapat diketahui pengaruh kualitas tebu terhadap hasil produksi gula kristal putih. Informasi yang diperoleh diharapkan dapat menjadi dasar bagi perusahaan-perusahaan gula dalam mengoptimalkan proses produksi dan menyusun strategi pengadaan bahan baku guna meningkatkan hasil dan kualitas produk gula kristal putih.

## **METODE PENELITIAN**

### **Bahan**

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah Tebu Segar, Air, Bahan Penjernih, Asam Fosfat atau Hidroksida, Bahan Pengkristal dan Larutan Standar (untuk kalibrasi alat).

### **Peralatan**

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah Alat Pengukur Kadar Gula (Brix Meter/Refractometer), Polarimeter, Timbangan, Penggiling Tebu, Spektrofotometer, Pengaduk Otomatis (Stirrer), Oven Pengereng, Alat Kristalisasi, Tangki Pemasak (Evaporator), Alat Penyaring (Filter) dan Alat pH Digital

### **Prosedur**

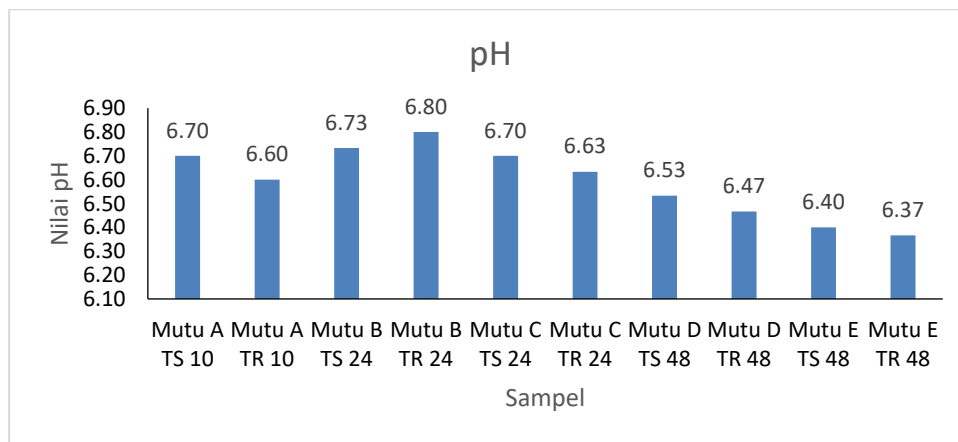
Bahan baku tebu diambil dari lahan yang berbeda, kemudian masing-masing bahan baku disimpan selama 10 jam, 24 jam, dan 48 jam, setelah itu dilakukan pengolahan tebu menjadi gula kristal putih pada masing-masing bahan baku. Sebelum diolah menjadi gula kristal masing-masing bahan baku dianalisis untuk mengetahui kualitasnya. Adapun proses pengolahan jus tebu menjadi gula kristal putih adalah Tebu digiling untuk mendapatkan jus yang akan digunakan sebagai bahan baku gula. Jus disaring dan dimurnikan untuk menghilangkan kotoran dan meningkatkan kualitas hasil produksi. Jus yang telah dimurnikan diuapkan untuk mengurangi kadar air dan dikristalisasi menjadi gula. Gula kristal putih disaring dan dikeringkan hingga mencapai standar yang diinginkan, kemudian dilakukan analisa. Nira dari tebu akan dianalisis pH, %Brix, %Polarisasi, dan harkat kemurniannya, sedangkan setelah diproses menjadi gula kristal putih akan dianalisis ICUMSA, Berat Jenis Butir (BJB) dan kadar Air nya.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh kualitas bahan baku tebu terhadap hasil produksi gula kristal putih dan mengetahui peran kualitas bahan baku tebu dalam mempengaruhi hasil produksi gula putih. Sampel bahan baku tebu diambil dari Tebu Sendiri dengan kode sampel TS dan dari Tebu Rakyat dengan kode sampel TR.

### Hasil Analisis pH

Nira tebu merupakan cairan hasil ekstraksi batang tebu yang memiliki peran penting dalam industri gula dan produk turunannya. Kualitas nira tebu sangat dipengaruhi oleh berbagai faktor, salah satunya adalah tingkat keasaman atau pH. Parameter pH berperan krusial dalam menentukan stabilitas nira, efektivitas proses pengolahan, dan kualitas hasil akhir produk yang dihasilkan. Nilai pH yang optimal akan mendukung proses klarifikasi, kristalisasi, dan pemurnian, sehingga menghasilkan gula dengan kemurnian dan warna yang baik. Berikut adalah hasil analisis pH:



Gambar 1. Hasil Analisis pH

Berdasarkan Gambar 1, diperoleh hasil analisis pH pada sampel Mutu A TS yang disimpan selama 10 jam sebesar 6,70 dan sampel Mutu A TR sebesar 6,60. Sampel Mutu B TS yang disimpan selama 24 jam memiliki pH sebesar 6,73, sedangkan pada sampel Mutu B TR sebesar 6,80. Sampel Mutu C TS yang disimpan selama 24 jam memiliki pH sebesar 6,70, sedangkan pada sampel Mutu C TR sebesar 6,63. Sampel Mutu D TS yang disimpan selama 48 jam memiliki pH sebesar 6,53, sementara sampel Mutu D TR sebesar 6,47. Pada sampel Mutu E, pH setelah penyimpanan selama 48 jam tercatat sebesar 6,40 untuk TS dan 6,37 untuk TR.

Berdasarkan hasil analisis pH yang diperoleh, terlihat adanya variasi nilai pH pada sampel dengan mutu dan lama penyimpanan yang berbeda. Pada sampel Mutu A, baik TS maupun TR yang disimpan selama 10 jam, pH menunjukkan nilai yang hampir serupa, yaitu masing-masing sebesar 6,70 dan 6,60. Hal ini mengindikasikan bahwa waktu penyimpanan yang singkat tidak memberikan perubahan signifikan terhadap pH. Selanjutnya, untuk Mutu B yang disimpan selama 24 jam, pH pada sampel TS sebesar 6,73, sedangkan pada TR sedikit lebih tinggi, yaitu 6,80. Perbedaan ini menunjukkan adanya kemungkinan perubahan kimia selama penyimpanan. Pada Mutu C, yang juga disimpan selama 24 jam, pH pada TS tetap stabil sebesar 6,70, sementara pada TR terjadi penurunan menjadi 6,63. Hal ini mengindikasikan bahwa sampel TR lebih rentan mengalami perubahan pH dibandingkan TS

Pada Mutu D yang disimpan selama 48 jam, pH menurun secara signifikan menjadi 6,53 pada TS dan 6,47 pada TR. Penurunan ini menandakan bahwa waktu penyimpanan yang lebih lama berpengaruh terhadap sifat kimia sampel. Kondisi serupa terjadi pada Mutu E, di mana pH mencapai nilai terendah di antara semua

sampel, yaitu 6,40 untuk TS dan 6,37 untuk TR setelah penyimpanan selama 48 jam. Secara umum, pH pada sampel TS cenderung lebih tinggi dibandingkan TR untuk setiap mutu, yang disebabkan oleh perbedaan sifat fisik atau kimia antara kedua jenis sampel (Wening, 2021).

Tren penurunan pH pada sampel bahan baku tebu selama penyimpanan, khususnya pada Mutu D dan E, menunjukkan adanya dinamika kimiawi dan biologis yang signifikan. Penurunan pH ini umumnya disebabkan oleh fermentasi, oksidasi, dan reaksi kimia lainnya yang saling berinteraksi selama penyimpanan. Fermentasi terjadi akibat aktivitas mikroorganisme seperti bakteri asam laktat, bakteri asam asetat, dan ragi yang memanfaatkan gula dalam bahan baku tebu sebagai substrat untuk menghasilkan asam organik, seperti asam laktat dan asam asetat. Aktivitas ini lebih dominan pada Mutu D dan E, yang kemungkinan memiliki kandungan pengotor lebih tinggi dan lebih rentan terhadap pertumbuhan mikroba. Selain fermentasi, proses oksidasi senyawa organik seperti gula dan komponen fenolik turut berperan, menghasilkan senyawa asam yang mempercepat penurunan pH. Oksidasi ini dipicu oleh paparan oksigen, cahaya, dan suhu tinggi selama penyimpanan. Di sisi lain, reaksi kimia seperti hidrolisis gula kompleks oleh enzim invertase menghasilkan glukosa dan fruktosa yang kemudian lebih mudah terdegradasi menjadi senyawa asam, memperparah penurunan pH (Ridla & Rahma, 2024).

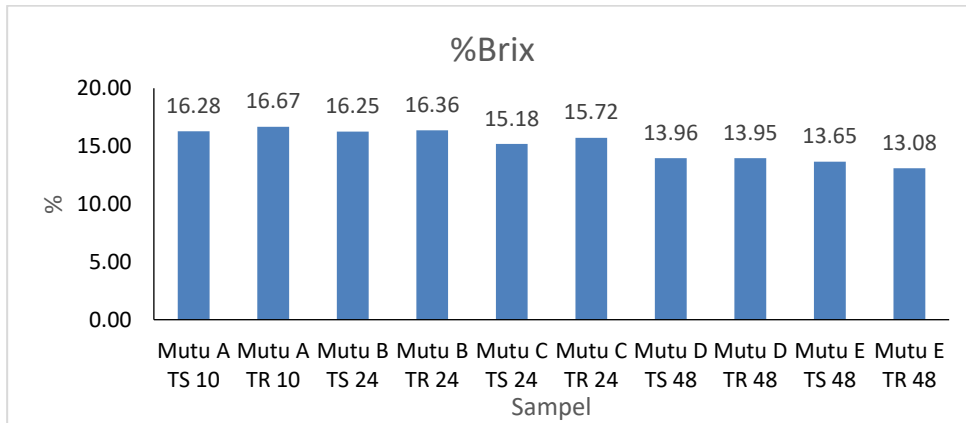
Hasil ini menekankan pentingnya pengelolaan kondisi penyimpanan untuk menjaga kualitas bahan baku tebu. Stabilitas pH merupakan indikator kunci yang memengaruhi sifat kimia bahan baku dan aplikasinya dalam berbagai proses industri, seperti produksi gula, bioetanol, dan produk turunan lainnya. Beberapa langkah strategis yang dapat dilakukan meliputi penyimpanan pada suhu rendah untuk memperlambat aktivitas mikroba dan laju reaksi kimia, penggunaan wadah kedap udara untuk mengurangi oksidasi, sterilisasi awal untuk menekan mikroorganisme, serta penambahan bahan pengawet yang sesuai. Penelitian lebih lanjut diperlukan untuk memahami mekanisme perubahan pH ini, seperti identifikasi mikroorganisme dominan, pengaruh metode penyimpanan terhadap stabilitas pH, dan interaksi senyawa organik serta enzimatis dalam bahan baku. Dengan demikian, langkah-langkah pengelolaan yang optimal dapat dirancang untuk menjaga kualitas bahan baku tebu, terutama pada Mutu D dan E yang lebih rentan terhadap degradasi selama penyimpanan (Sinuhaji, 2017).

#### **Hasil Analisis %Brix**

Persentase Brix (%Brix) pada nira tebu menunjukkan kandungan padatan terlarut, terutama sukrosa, dalam larutan. Nilai ini merupakan indikator utama dalam menentukan kualitas nira sebelum memasuki tahap pengolahan lebih lanjut.

Pengukuran %Brix dilakukan menggunakan refraktometer yang bekerja berdasarkan prinsip pembiasan cahaya dalam larutan. Semakin tinggi kadar sukrosa, semakin besar nilai %Brix yang terbaca. Faktor-faktor seperti varietas tebu, kondisi tanah, teknik budidaya, dan waktu panen dapat memengaruhi hasil pengukuran.

Hasil analisis %Brix pada nira tebu menunjukkan adanya variasi nilai yang mencerminkan kualitas bahan baku. Nilai optimal biasanya berkisar antara 15% hingga 23%, tergantung pada tingkat kematangan tebu. Nilai yang terlalu rendah menandakan kandungan sukrosa yang kurang optimal, sedangkan nilai yang terlalu tinggi dapat mengindikasikan kemungkinan terjadinya penguapan air berlebih selama penyimpanan atau proses ekstraksi. Berikut adalah hasil analisis %Brix:



**Gambar 2. Hasil Analisis %Brix**

Berdasarkan Gambar 2, diperoleh hasil analisis %Brix pada sampel Mutu A TS yang disimpan selama 10 jam sebesar 16,28% dan pada sampel Mutu A TR sebesar 16,67%. Sampel Mutu B TS yang disimpan selama 24 jam memiliki nilai %Brix sebesar 16,25%, sedangkan pada sampel Mutu B TR sebesar 16,36%. Sampel Mutu C TS yang disimpan selama 24 jam menunjukkan nilai %Brix sebesar 15,18%, sementara pada sampel Mutu C TR sebesar 15,72%. Pada Mutu D, yang disimpan selama 48 jam, nilai %Brix sebesar 13,96% untuk sampel TS dan 13,95% untuk sampel TR. Pada Mutu E, yang juga disimpan selama 48 jam, nilai %Brix mencapai 13,65% untuk sampel TS dan 13,08% untuk sampel TR.

Berdasarkan hasil analisis %Brix yang diperoleh dari Gambar 4.2, terlihat adanya variasi kadar padatan terlarut pada sampel dengan mutu dan lama penyimpanan yang berbeda. Pada Mutu A, sampel TS dan TR yang disimpan selama 10 jam menunjukkan nilai %Brix yang relatif tinggi, yaitu masing-masing sebesar 16,28% dan 16,67%. Perbedaan ini menunjukkan bahwa penyimpanan dalam waktu singkat tidak memberikan perubahan signifikan terhadap kadar padatan terlarut, meskipun nilai %Brix pada sampel TR sedikit lebih tinggi dibandingkan dengan TS. Pada Mutu B, yang disimpan selama lebih dari 24 jam, nilai %Brix pada sampel TS sebesar 16,25%, sedangkan pada sampel TR sebesar 16,36%. Hasil ini menunjukkan adanya sedikit penurunan kadar padatan terlarut dibandingkan dengan Mutu A, tetapi perbedaan antara TS dan TR tetap terlihat.

Untuk Mutu C, yang juga disimpan selama lebih dari 24 jam, terjadi penurunan lebih lanjut pada nilai %Brix, yaitu sebesar 15,18% untuk TS dan 15,72% untuk TR. Penurunan ini menunjukkan bahwa semakin lama waktu penyimpanan, kadar padatan terlarut cenderung berkurang. Pada Mutu D, yang disimpan selama 48 jam, nilai %Brix mengalami penurunan yang cukup signifikan, yakni sebesar 13,96% untuk TS dan 13,95% untuk TR. Kondisi ini menunjukkan bahwa waktu penyimpanan yang lebih lama memiliki dampak nyata terhadap kadar padatan terlarut. Hal serupa juga terjadi pada Mutu E, di mana nilai %Brix mencapai titik terendah di antara semua sampel, yakni 13,65% untuk TS dan 13,08% untuk TR setelah penyimpanan selama 48 jam ( Aksioma, 2018).

Secara umum, nilai %Brix pada sampel TS (tebu segar) dan TR (tebu rontok) menunjukkan tren penurunan yang konsisten seiring dengan bertambahnya waktu penyimpanan. Penurunan ini lebih terlihat pada sampel TR dibandingkan dengan TS, meskipun nilai %Brix pada TS cenderung sedikit lebih tinggi untuk setiap mutu. Penurunan %Brix selama penyimpanan dapat disebabkan oleh beberapa faktor utama. Salah satu faktor yang paling dominan adalah reaksi kimia, seperti hidrolisis sukrosa menjadi glukosa dan fruktosa, yang dapat mengurangi jumlah total padatan terlarut. Proses ini sering kali dipercepat oleh aktivitas enzim seperti invertase, yang lebih aktif

pada kondisi penyimpanan yang tidak optimal. Selain itu, penguapan komponen tertentu, terutama air, selama penyimpanan juga dapat memengaruhi kadar padatan terlarut, meskipun pengaruhnya cenderung lebih signifikan pada sampel dengan paparan udara yang tinggi (Wening, 2021).

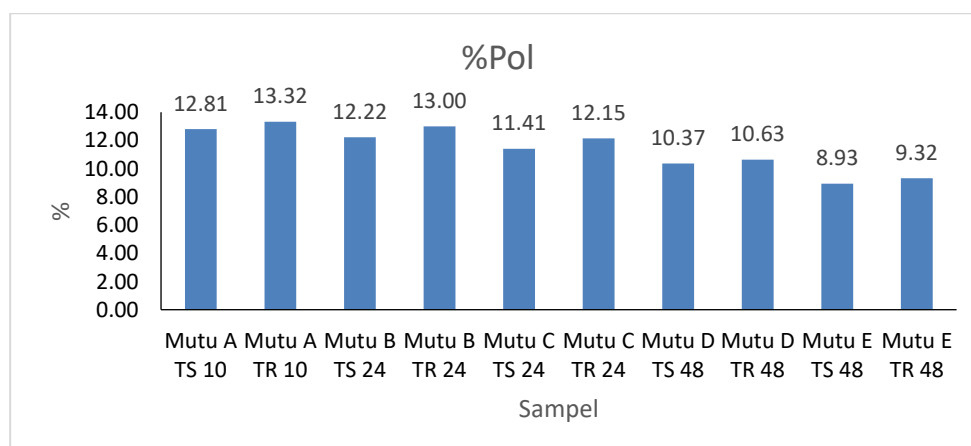
Faktor lain yang turut memengaruhi adalah aktivitas mikroorganisme, terutama pada sampel TR, yang mungkin lebih rentan terhadap kontaminasi karena telah mengalami kerusakan mekanis atau kondisi lingkungan yang tidak mendukung. Mikroorganisme ini memanfaatkan gula sebagai substrat untuk proses metabolisme, yang pada akhirnya dapat mengurangi jumlah gula terlarut dalam sampel. Perbedaan nilai %Brix antara TS dan TR juga dapat dikaitkan dengan perbedaan tingkat kesegaran, struktur jaringan, dan kandungan awal gula pada kedua jenis sampel. Sampel TS yang lebih segar cenderung memiliki struktur jaringan yang lebih utuh, sehingga lebih mampu mempertahankan kadar padatan terlarut dibandingkan dengan sampel TR (Aksioma, 2018).

Hasil ini mengindikasikan pentingnya pengelolaan waktu dan kondisi penyimpanan untuk mempertahankan kadar padatan terlarut pada sampel. Nilai %Brix merupakan parameter yang sangat penting karena berkaitan erat dengan kualitas, rasa, dan karakteristik produk yang dihasilkan dari bahan baku tebu. Beberapa langkah yang dapat dilakukan untuk meminimalkan penurunan %Brix selama penyimpanan meliputi penyimpanan pada suhu rendah untuk memperlambat aktivitas enzim dan mikroba, penggunaan wadah kedap udara untuk mencegah penguapan dan oksidasi, serta perlakuan awal seperti sterilisasi atau penggunaan bahan pengawet untuk mengurangi kontaminasi mikroba (Setyawati, 2017).

Selain itu, penelitian lebih lanjut diperlukan untuk memahami mekanisme penurunan %Brix ini secara lebih mendalam, termasuk pengaruh jenis mutu tebu, tingkat kerusakan mekanis, dan variasi kondisi penyimpanan. Informasi ini akan sangat berguna dalam merancang strategi pengelolaan bahan baku tebu yang lebih efektif guna mempertahankan kualitas produk akhir yang diinginkan, baik untuk industri gula, bioetanol, maupun produk turunan lainnya (Ishak & Safira, 2021).

### Hasil Analisis %Polarisasi

Persentase polarisasi (%Pol) pada nira tebu merupakan parameter penting yang digunakan untuk menentukan kadar sukrosa secara spesifik dalam larutan. Pengukuran ini dilakukan dengan menggunakan polarimeter, yang bekerja berdasarkan prinsip rotasi cahaya terpolarisasi oleh molekul sukrosa dalam larutan. Semakin tinggi kadar sukrosa dalam larutan, semakin besar sudut polarisasi yang dihasilkan. Berikut ini merupakan hasil analisis %Polarisasi:



Gambar 3. Hasil Analisis %Polarisasi

Berdasarkan Gambar 3, diperoleh hasil analisis %Polarisasi pada sampel Mutu A TS yang disimpan selama 10 jam sebesar 12,81% dan pada sampel Mutu A TR yang disimpan selama 10 jam sebesar 13,32%. Sampel Mutu B TS yang disimpan selama 24 jam memiliki nilai %Polarisasi sebesar 12,22%, sedangkan Mutu B TR yang disimpan dalam durasi yang sama menunjukkan nilai sebesar 13,00%. Pada Mutu C, yang juga disimpan selama 24 jam, nilai %Polarisasi pada sampel TS sebesar 11,41%, sedangkan pada sampel TR sebesar 12,15%. Untuk Mutu D, yang disimpan selama 48 jam, terjadi penurunan nilai %Polarisasi menjadi 10,37% pada sampel TS dan 10,63% pada sampel TR. Penurunan ini semakin jelas terlihat pada Mutu E, di mana nilai %Polarisasi mencapai titik terendah di antara semua sampel, yaitu 8,93% untuk TS dan 9,32% untuk TR setelah penyimpanan selama 48 jam.

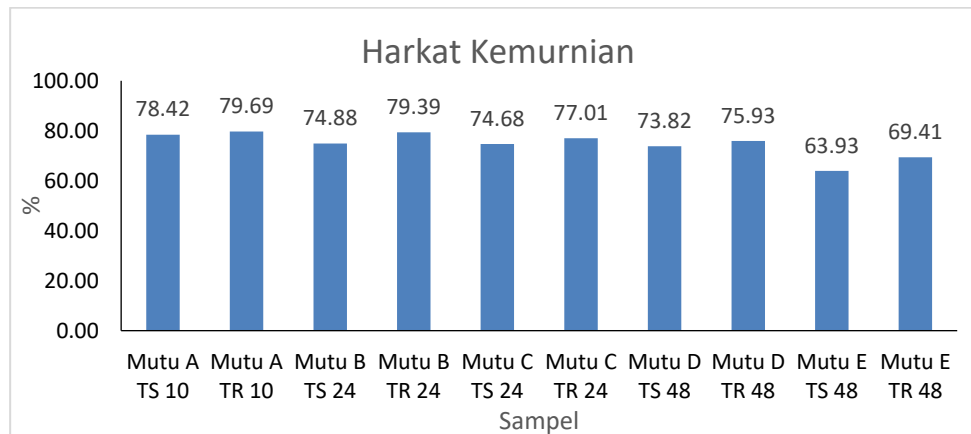
Berdasarkan hasil analisis %Polarisasi yang ditampilkan pada Gambar 4.3, terlihat adanya perbedaan nilai polarisasi pada sampel dengan mutu dan lama penyimpanan yang berbeda. Pada Mutu A, sampel TS dan TR yang disimpan selama 10 jam menunjukkan nilai %Polarisasi sebesar 12,81% dan 13,32%, dengan nilai pada TR sedikit lebih tinggi dibandingkan TS. Hal ini menunjukkan bahwa dalam waktu penyimpanan yang singkat, perbedaan antara jenis sampel TS dan TR masih terlihat, tetapi nilai polarisasi tetap relatif stabil. Pada Mutu B, yang disimpan selama 24 jam, nilai %Polarisasi sedikit menurun menjadi 12,22% pada TS dan 13,00% pada TR, mencerminkan adanya sedikit perubahan selama waktu penyimpanan yang lebih lama.

Pada Mutu C, yang juga disimpan selama 24 jam, nilai %Polarisasi menunjukkan penurunan lebih lanjut, yaitu 11,41% untuk TS dan 12,15% untuk TR. Penurunan ini mengindikasikan bahwa lama penyimpanan mulai memengaruhi kadar polarisasi pada sampel. Pada Mutu D, yang disimpan selama 48 jam, terjadi penurunan yang lebih signifikan, dengan nilai %Polarisasi sebesar 10,37% pada TS dan 10,63% pada TR. Penurunan ini semakin jelas terlihat pada Mutu E, di mana nilai %Polarisasi mencapai titik terendah di antara semua sampel, yaitu 8,93% untuk TS dan 9,32% untuk TR setelah penyimpanan selama 48 jam.

Secara umum, nilai %Polarisasi pada semua sampel menunjukkan tren penurunan seiring bertambahnya waktu penyimpanan. Sampel TR cenderung memiliki nilai %Polarisasi yang lebih tinggi dibandingkan TS untuk setiap mutu, yang kemungkinan disebabkan oleh perbedaan sifat fisik atau komposisi kimia antara kedua jenis sampel. Penurunan %Polarisasi ini diduga terkait dengan proses degradasi sukrosa atau senyawa lain yang memengaruhi sifat optik larutan selama penyimpanan. Hasil ini menegaskan pentingnya pengelolaan waktu penyimpanan untuk mempertahankan nilai %Polarisasi sebagai salah satu indikator utama dalam menentukan kualitas bahan baku (Vinet & Zhedanov, 2011).

#### **Hasil Analisis Harkat Kemurnian**

Harkat kemurnian nira tebu merupakan parameter yang menunjukkan persentase sukrosa murni dalam total padatan terlarut. Nilai ini dihitung dengan membandingkan persentase polarisasi (%Pol) terhadap persentase Brix (%Brix). Semakin tinggi harkat kemurnian, semakin besar kandungan sukrosa dibandingkan dengan zat non-gula lainnya, seperti glukosa, fruktosa, mineral, dan senyawa organik. Harkat kemurnian yang tinggi mencerminkan kualitas nira yang baik, karena menunjukkan dominasi sukrosa sebagai komponen utama dalam larutan. Berikut adalah hasil analisis Harkat Kemurnian:



**Gambar 4. Hasil Analisis Harkat Kemurnian**

Berdasarkan Gambar 4, hasil analisis harkat kemurnian pada nira tebu menunjukkan variasi nilai berdasarkan mutu sampel dan lama penyimpanan yang berbeda. Pada Mutu A, sampel TS dan TR yang disimpan selama 10 jam menunjukkan tingkat kemurnian yang cukup tinggi, masing-masing sebesar 78,42% dan 79,69%. Perbedaan kecil ini menunjukkan bahwa dalam waktu penyimpanan yang singkat, tingkat kemurnian nira relatif terjaga, dengan sampel TR memiliki nilai kemurnian yang sedikit lebih tinggi dibandingkan TS.

Untuk Mutu B, yang disimpan selama lebih dari 24 jam, tingkat kemurnian pada TS mengalami penurunan menjadi 74,88%, sedangkan pada TR tetap tinggi, yaitu sebesar 79,39%. Hal ini menunjukkan bahwa waktu penyimpanan mulai memberikan dampak terhadap kemurnian nira pada TS, tetapi tidak terlalu signifikan pada TR. Pada Mutu C, yang juga disimpan selama lebih dari 24 jam, tingkat kemurnian pada TS mengalami penurunan lebih lanjut menjadi 74,68%, sedangkan pada TR sedikit lebih tinggi, yaitu 77,01%. Penurunan ini mencerminkan pengaruh penyimpanan terhadap kemurnian nira, meskipun TR masih mempertahankan nilai yang lebih baik dibandingkan TS.

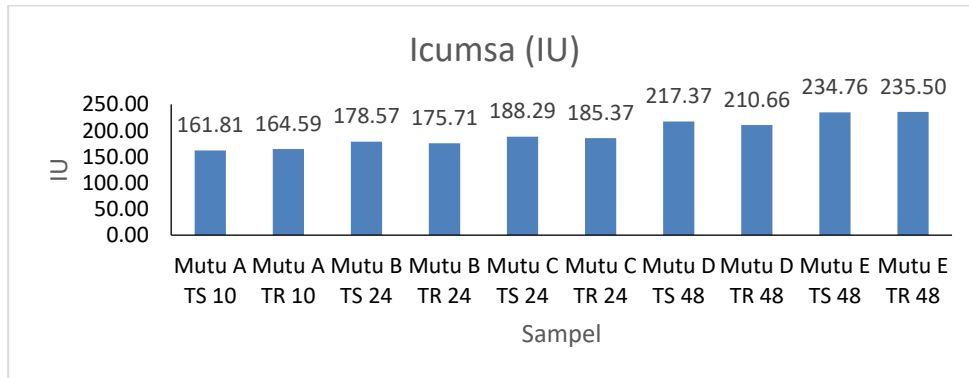
Pada Mutu D, yang disimpan selama 48 jam, tingkat kemurnian terus mengalami penurunan, dengan nilai sebesar 73,82% pada TS dan 75,93% pada TR. Penurunan ini semakin signifikan pada Mutu E, di mana tingkat kemurnian mencapai nilai terendah di antara semua sampel, yaitu 63,93% pada TS dan 69,41% pada TR setelah penyimpanan selama 48 jam. Penurunan tajam ini menunjukkan bahwa waktu penyimpanan yang lebih lama memiliki pengaruh besar terhadap degradasi kemurnian nira tebu.

Secara keseluruhan, hasil analisis menunjukkan tren penurunan harkat kemurnian nira tebu seiring dengan bertambahnya waktu penyimpanan. Nilai pada sampel TS cenderung lebih rendah dibandingkan TR untuk setiap mutu, yang kemungkinan besar disebabkan oleh proses fermentasi, oksidasi, atau aktivitas mikroba yang memengaruhi komposisi kimia nira tebu, seperti meningkatnya kandungan senyawa pengotor. Hasil ini menegaskan pentingnya pengelolaan waktu dan kondisi penyimpanan untuk menjaga tingkat kemurnian nira tebu, terutama jika nira tersebut akan digunakan sebagai bahan baku dalam produksi gula berkualitas tinggi (Nayoga & Mukhtar, 2024).

#### **Hasil Analisis ICUMSA**

ICUMSA (*International Commission for Uniform Methods of Sugar Analysis*) merupakan standar internasional yang digunakan untuk menentukan tingkat kemurnian dan warna gula kristal putih. Nilai ICUMSA dinyatakan dalam satuan IU (ICUMSA Unit) dan diperoleh melalui metode spektrofotometri dengan mengukur absorbansi larutan

gula pada panjang gelombang tertentu. Nilai ICUMSA yang lebih rendah menunjukkan tingkat kemurnian yang lebih tinggi dan warna gula yang lebih putih, sedangkan nilai yang lebih tinggi mengindikasikan adanya kandungan zat pengotor atau warna yang lebih pekat. Berikut adalah hasil analisis nilai ICUMSA:



Gambar 5. Hasil Analisis ICUMSA

Berdasarkan Gambar 5, hasil analisis nilai ICUMSA pada gula kristal putih menunjukkan adanya peningkatan seiring perbedaan mutu dan lama penyimpanan. Pada Mutu A, sampel TS dan TR yang disimpan selama 10 jam memiliki nilai ICUMSA sebesar 161,81 dan 164,59. Nilai ini menunjukkan bahwa gula kristal putih dari sampel tersebut masih memiliki tingkat kemurnian yang baik dengan warna yang relatif cerah. Perbedaan nilai antara TS dan TR pada Mutu A tergolong kecil, yang mengindikasikan bahwa penyimpanan dalam waktu singkat tidak memberikan pengaruh signifikan terhadap kualitas warna gula kristal.

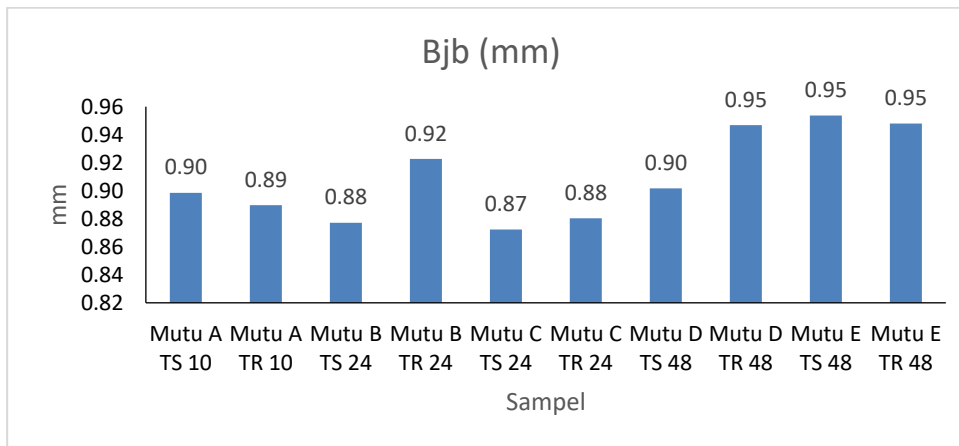
Pada Mutu B, yang disimpan selama lebih dari 24 jam, nilai ICUMSA meningkat menjadi 178,57 pada TS dan 175,71 pada TR. Peningkatan ini mencerminkan mulai terjadinya penurunan kemurnian gula akibat penyimpanan yang lebih lama, dengan warna gula yang terlihat lebih gelap dibandingkan Mutu A. Untuk Mutu C, yang juga disimpan selama lebih dari 24 jam, nilai ICUMSA meningkat lebih lanjut menjadi 188,29 pada TS dan 185,37 pada TR. Hal ini menunjukkan adanya degradasi kualitas gula kristal yang kemungkinan disebabkan oleh perubahan kimia atau pengaruh lingkungan selama penyimpanan.

Pada Mutu D, yang disimpan selama 48 jam, nilai ICUMSA meningkat signifikan menjadi 217,37 pada TS dan 210,66 pada TR. Peningkatan ini mengindikasikan bahwa penyimpanan dalam jangka waktu lebih lama memberikan dampak nyata terhadap kemurnian gula, dengan warna yang semakin gelap. Penurunan kualitas ini mencapai tingkat tertinggi pada Mutu E, di mana nilai ICUMSA mencapai 234,76 pada TS dan 235,50 pada TR, menunjukkan gula dengan warna paling gelap di antara semua sampel.

Secara keseluruhan, hasil analisis menunjukkan tren peningkatan nilai ICUMSA seiring bertambahnya waktu penyimpanan. Nilai ICUMSA yang lebih tinggi menunjukkan warna gula yang lebih gelap, yang biasanya disebabkan oleh adanya senyawa pengotor, seperti hasil degradasi gula atau kontaminasi dari bahan organik dan anorganik selama penyimpanan. Perbedaan nilai ICUMSA antara TS dan TR pada setiap mutu cenderung kecil, namun nilai ICUMSA pada TS umumnya sedikit lebih tinggi dibandingkan TR, yang mungkin menunjukkan bahwa sampel TS lebih rentan terhadap perubahan kualitas dibandingkan TR. Hasil ini menegaskan pentingnya pengelolaan waktu dan kondisi penyimpanan untuk menjaga kualitas gula kristal putih sesuai standar ICUMSA, yang merupakan indikator utama dalam menentukan kemurnian dan warna gula untuk konsumsi atau keperluan industri (Gunawan et al., 2021).

### Hasil Analisis Berat Jenis Butir (BJB)

Hasil analisis Berat Jenis Butir (BJB) pada gula kristal putih dipengaruhi oleh beberapa faktor utama, termasuk ukuran kristal, kadar air, dan tingkat pemurnian selama proses produksi. Nilai BJB yang optimal mencerminkan kualitas kristal gula yang seragam, tidak mudah rapuh, dan memiliki tingkat aliran yang baik, sehingga mendukung kelancaran dalam proses pengemasan dan distribusi. Berikut adalah hasil analisis Berat Jenis Butir (BJB):



**Gambar 6. Hasil Analisis Berat Jenis Butir (BJB)**

Berdasarkan Gambar 6, hasil analisis Berat Jenis Butir (BJB) gula kristal putih menunjukkan variasi ukuran butir pada sampel dengan mutu dan lama penyimpanan yang berbeda. Sampel Mutu A yang disimpan selama 10 jam menunjukkan ukuran butir sebesar 0,90 mm untuk TS dan 0,89 mm untuk TR, dengan perbedaan yang relatif kecil, yang menunjukkan bahwa penyimpanan dalam waktu singkat tidak memberikan pengaruh signifikan terhadap ukuran butir. Pada Mutu B, yang disimpan selama lebih dari 24 jam, ukuran butir gula pada sampel TS mengalami penurunan menjadi 0,88 mm, sedangkan pada sampel TR terjadi peningkatan menjadi 0,92 mm. Perbedaan ini menunjukkan bahwa waktu penyimpanan yang lebih lama memengaruhi ukuran butir, dengan kecenderungan pembesaran pada TR dan sedikit penyusutan pada TS.

Pada Mutu C, yang disimpan selama lebih dari 24 jam, ukuran butir gula pada TS adalah 0,87 mm, sedangkan pada TR sebesar 0,88 mm, menunjukkan sedikit penurunan pada TS dan stabilitas pada TR. Pada Mutu D, yang disimpan selama 48 jam, ukuran butir pada TS kembali meningkat menjadi 0,90 mm, sementara TR mengalami pembesaran menjadi 0,95 mm. Hal ini mengindikasikan bahwa waktu penyimpanan yang lebih lama cenderung menyebabkan pembesaran butir pada TR. Pada Mutu E, yang juga disimpan selama 48 jam, ukuran butir pada TS dan TR mencapai nilai tertinggi di antara semua sampel, yaitu sebesar 0,95 mm, dengan tidak ada perbedaan signifikan antara kedua jenis sampel ini (Stefry et al., 2021).

Secara keseluruhan, hasil analisis menunjukkan bahwa waktu penyimpanan memiliki pengaruh signifikan terhadap ukuran butir gula kristal putih. Sampel Tebu Rakyat (TR) cenderung mengalami pembesaran ukuran butir seiring bertambahnya waktu penyimpanan, sedangkan pada sampel Tebu Sendiri (TS), perubahan ukuran butir lebih bervariasi atau cenderung stabil. Penurunan ukuran butir pada beberapa sampel TS kemungkinan besar disebabkan oleh proses pengeringan atau penguapan komponen tertentu, seperti air dalam mikro struktur gula, sehingga menyebabkan penyusutan kristal. Sebaliknya, pembesaran butir pada sampel TR kemungkinan besar dipengaruhi oleh proses agregasi, di mana butiran kecil bergabung membentuk

partikel yang lebih besar, atau perubahan struktur internal kristal akibat rekristalisasi selama penyimpanan (Kusumawati & Ardiansyah, 2023).

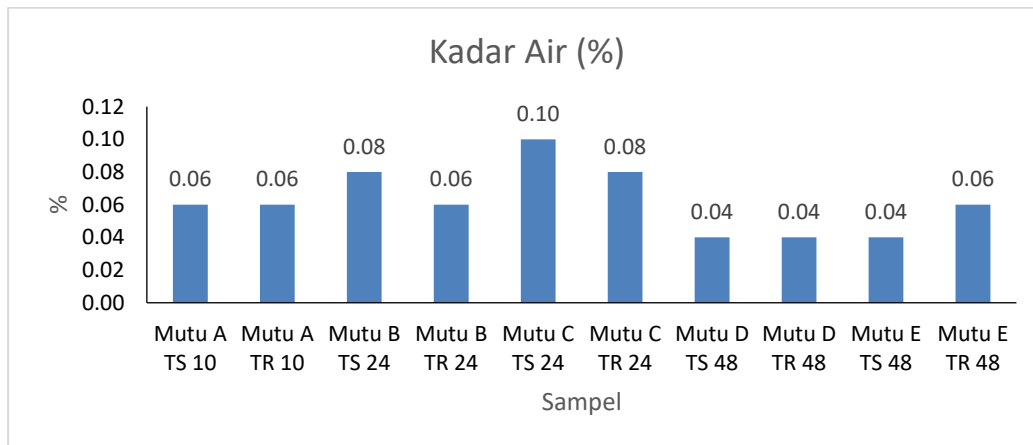
Faktor-faktor yang berkontribusi terhadap dinamika ukuran butir meliputi tingkat kelembapan, suhu, dan paparan udara selama penyimpanan. Sampel TR, yang mungkin memiliki kadar pengotor atau kandungan air yang lebih tinggi dibandingkan TS, berpotensi memicu proses agregasi atau rekristalisasi, terutama jika disimpan dalam kondisi dengan kelembapan tinggi. Kelembapan yang tinggi dapat menyebabkan pembentukan lapisan tipis air di permukaan butir gula, yang berfungsi sebagai medium penghubung antarbutiran kecil, sehingga menghasilkan partikel yang lebih besar. Sebaliknya, stabilitas ukuran butir pada TS dapat dikaitkan dengan struktur kristal yang lebih teratur dan kondisi awal bahan baku yang lebih baik, sehingga lebih tahan terhadap perubahan selama penyimpanan (Nayoga & Mukhtar, 2024).

Hasil ini menegaskan pentingnya pengelolaan kondisi penyimpanan untuk menjaga ukuran butir gula yang optimal, karena ukuran butir memiliki pengaruh langsung terhadap kualitas produk dan proses pengolahan. Ukuran butir gula yang terlalu besar dapat memengaruhi kecepatan larut, homogenitas dalam aplikasi pangan, dan efisiensi pemrosesan dalam industri. Sebaliknya, ukuran butir yang terlalu kecil dapat menyebabkan gula lebih mudah menggumpal, sehingga menurunkan kualitas produk (Jayanti et al., 2023). Untuk menjaga ukuran butir gula tetap stabil selama penyimpanan, beberapa langkah yang dapat diterapkan meliputi menjaga kelembapan di bawah tingkat kritis menggunakan kemasan kedap udara atau penyerap kelembapan, menyimpan pada suhu rendah untuk meminimalkan rekristalisasi, dan mengurangi paparan udara untuk mencegah oksidasi atau penguapan berlebihan. Perlakuan awal seperti pengeringan gula hingga kadar air optimal sebelum penyimpanan juga penting untuk mengurangi risiko perubahan ukuran butir (Gunawan et al., 2021).

Penelitian lebih lanjut diperlukan untuk mengeksplorasi pengaruh parameter spesifik, seperti perbedaan mutu bahan baku, kondisi awal gula, serta variasi suhu dan kelembapan penyimpanan terhadap dinamika ukuran butir. Informasi ini akan mendukung perancangan strategi penyimpanan yang lebih efektif untuk menjaga kualitas gula kristal putih, baik dalam konteks konsumsi langsung maupun aplikasi industri. Dengan demikian, keberlanjutan dan efisiensi pengelolaan hasil panen tebu dapat lebih terjamin (Gunawan et al., 2020).

### **Hasil Analisis Kadar Air**

Kadar air dalam gula kristal putih merupakan salah satu parameter kualitas utama yang memengaruhi stabilitas penyimpanan, tekstur, dan daya larut produk. Persentase kadar air yang terkandung dalam gula kristal putih mencerminkan tingkat kelembapan yang tersisa setelah proses pengeringan dan pemurnian. Kadar air yang optimal akan menjaga stabilitas produk selama penyimpanan dan mencegah terjadinya penggumpalan atau perubahan tekstur akibat kelembapan berlebih. Berikut adalah hasil analisis kadar air gula kristal putih:



**Gambar 7. Hasil Analisis Kadar Air**

Berdasarkan Gambar 7, diperoleh hasil analisis kadar air gula kristal putih pada sampel Mutu A TS yang disimpan selama 10 jam sebesar 0,06% dan pada sampel Mutu A TR sebesar 0,06%. Pada sampel Mutu B, yang disimpan selama lebih dari 24 jam, kadar air pada sampel TS tercatat sebesar 0,08%, sedangkan pada sampel TR sebesar 0,06%. Untuk sampel Mutu C, yang juga disimpan selama lebih dari 24 jam, kadar air pada sampel TS mencapai 0,10%, sementara pada sampel TR sebesar 0,08%. Pada sampel Mutu D, yang disimpan selama 48 jam, kadar air pada sampel TS dan TR masing-masing tercatat sebesar 0,04%. Adapun pada sampel Mutu E, yang disimpan selama 48 jam, kadar air pada sampel TS tercatat sebesar 0,04%, sedangkan pada sampel TR sebesar 0,06%.

Berdasarkan hasil analisis kadar air gula kristal putih yang ditampilkan pada Gambar 4.7, terdapat variasi kadar air pada sampel gula kristal putih dengan mutu dan lama penyimpanan yang berbeda. Pada Mutu A, kadar air pada sampel TS dan TR yang disimpan selama 10 jam menunjukkan hasil yang seragam, yaitu sebesar 0,06%. Konsistensi kadar air ini menunjukkan bahwa waktu penyimpanan yang singkat tidak memberikan pengaruh signifikan terhadap kelembapan gula kristal, sehingga kadar air tetap stabil pada kedua jenis sampel.

Pada Mutu B, yang disimpan selama lebih dari 24 jam, kadar air pada sampel TS mengalami sedikit peningkatan menjadi 0,08%, sedangkan kadar air pada sampel TR tetap stabil sebesar 0,06%. Peningkatan kadar air pada sampel TS mengindikasikan bahwa penyimpanan yang lebih lama memungkinkan adanya sedikit penyerapan kelembapan, meskipun perubahan ini tidak signifikan pada sampel TR. Untuk Mutu C, yang juga disimpan selama lebih dari 24 jam, kadar air pada sampel TS meningkat menjadi 0,10%, sementara kadar air pada sampel TR sedikit menurun menjadi 0,08%. Penurunan kadar air pada sampel TR menunjukkan bahwa kondisi penyimpanan mungkin menyebabkan penguapan atau pengeringan pada sampel tersebut, sedangkan peningkatan kadar air pada TS dapat menunjukkan adanya penyerapan kelembapan dari lingkungan sekitar.

Pada Mutu D, yang disimpan selama 48 jam, kadar air pada sampel TS dan TR menunjukkan nilai terendah di antara semua sampel, yaitu sebesar 0,04%. Penurunan kadar air ini mengindikasikan bahwa waktu penyimpanan yang lebih lama menyebabkan terjadinya pengeringan, sehingga kandungan kelembapan dalam gula kristal menurun. Pada Mutu E, yang juga disimpan selama 48 jam, kadar air pada sampel TS tetap sebesar 0,04%, sementara pada sampel TR terjadi sedikit peningkatan menjadi 0,06%. Hal ini menunjukkan bahwa meskipun sebagian besar sampel mengalami penurunan kadar air akibat proses pengeringan, sampel TR pada Mutu E menunjukkan adanya kemungkinan penyerapan kelembapan selama penyimpanan.

Secara keseluruhan, hasil analisis menunjukkan bahwa kadar air gula kristal putih cenderung stabil pada sebagian besar sampel, dengan sedikit fluktuasi kadar air yang bergantung pada mutu dan lama penyimpanan. Kadar air yang lebih tinggi pada beberapa sampel TS dibandingkan TR menunjukkan kemungkinan perbedaan dalam karakteristik fisik gula atau kondisi lingkungan selama penyimpanan. Penurunan kadar air pada beberapa sampel mengindikasikan proses penguapan atau pengeringan selama penyimpanan, sementara peningkatan kadar air pada sampel tertentu dapat disebabkan oleh penyerapan kelembapan dari udara. Stabilitas kadar air ini penting untuk menjaga kualitas gula kristal putih, mencegah penggumpalan, dan mempertahankan tekstur serta daya larut produk selama penyimpanan dan distribusi (Yunika & Ahsan, 2023).

## **SIMPULAN**

Berdasarkan hasil penelitian menunjukkan kualitas bahan baku tebu sangat memengaruhi hasil produksi gula kristal putih, masing-masing sampel tebu baik dari Tebu sendiri maupun Tebu Rakyat yang disimpan dalam waktu 10 jam termasuk dalam Mutu A yang menghasilkan gula dengan pH stabil, %Brix, %Polarisasi, dan kemurnian nira tinggi, nilai ICUMSA rendah, ukuran butir ideal, serta kadar air rendah. Hasil penelitian menunjukkan gula kristal putih yang memiliki hasil yang paling optimal adalah sampel tebu yang simpan selama 10 jam yang menghasilkan nilai ICUMSA untuk TS sebesar 161,81 IU dan TR 164,59 IU. Berat Jenis Butir (BJB) 0,90 mm untuk TS dan 0,89 mm untuk TR. Kadar air pada sampel TS dan TR sama yaitu 0,06%. Berdasarkan SNI 3140.3:2010 tebu ini memenuhi syarat baku mutu GKP 1.

## **DAFTAR PUSTAKA**

- Gunawan, Darmein, Mardiyanto, A., Syahputra, R., & Amir, D. (2021). Penilaian Proses Produksi Gula Berbasis Kinerja dan Penggunaan Energi. *Proceeding Seminar Nasional Politeknik Negeri Lhokseumawe*, 5(1), 131-136. <https://e-jurnal.pnl.ac.id/semnaspnl/article/viewFile/2714/2285>
- Gunawan, Rahmawati, & Syahputra, R. (2020). Swa-Sembada Energi dan Air Proses Produksi Gula Tebu. *Proceeding Seminar Nasional Politeknik Negeri Lhokseumawe*, 4(1), 2598-3954.
- Husna, A., Nuriza Putri, D., & Alamudin Manshur, H. (2023). Analisis Performa Produksi Gula di Pabrik Gula Ngadirejo Performance Analysis of Sugar Production in Ngadirejo Sugar Factory. *Jurnal Agroindustri Halal*, 9, 278-288.
- Ishak, A., & Safira, M. (2021). Identifikasi Waste pada Proses Produksi Gula Kristal Putih di PT.XYZ Menggunakan Cause and Effect Diagram. *TALENTA Conference Series*, 4(1), 133-139. <https://doi.org/10.32734/ee.v4i1.1243>
- Jayanti, M. D., Budiono, A., & Junet, A. (2023). Pengaruh Penambahan Air Imbibisi Terhadap Kehilangan Gula dalam Ampas di Pabrik Gula Lestari. *DISTILAT: Jurnal Teknologi Separasi*, 8(3), 480-484. <https://doi.org/10.33795/distilat.v8i3.497>
- Kusumawati, A., & Ardiansyah, A. (2023). Dampak Varietas yang Berbeda terhadap Hasil Gula Semut Berbahan Nira Tebu. *Fruitset Sains*, 11(2), 93-98.
- Muhammad Salam Taufiqi, & Diaz Fitra Aksioma. (2018). Pengendalian Kualitas Gula Kristal Putih (GKP) di PG Tjoekir Jombang Menggunakan Diagram Kontrol Multivariat Berbasis Time Series. *Inferensi*, 1(1), 17-22.
- Nayoga, T. G., & Mukhtar, M. N. A. (2024). Analysis Of Defects In Laminated Doors Using Failure Mode And Effect Analysis (FMEA) And Fault Tree Analysis

- (FTA). *Tibuana*, 7(2), 152–160. <https://doi.org/10.36456/tibuana.7.2.9340.152-160>
- Ridla, M. A., & Rahma, E. N. (2024). Prediksi Produksi Gula Tebu Berdasarkan Kualitas Menggunakan Metode Neural Network. *Jurnal Janitra Informatika Dan Sistem Informasi*, 4(1), 54–61. <https://doi.org/10.59395/janitra.v4i1.183>
- Setyawati, Intan; Wibowo, Rudi; Magfiroh, I. (2017). Mutu Tebu Industri Gula Indornsia. *Mutu Tebu Industri Gula di Indonesia*, 1, 94–100. [https://repository.unej.ac.id/bitstream/handle/123456789/83968/F.P\\_ProSIDing\\_Illia\\_Seldon\\_MUTU\\_TEBU\\_INDUSTRI.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repository.unej.ac.id/bitstream/handle/123456789/83968/F.P_ProSIDing_Illia_Seldon_MUTU_TEBU_INDUSTRI.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Sinuhaji, N. (2017). Analisis Pengolahan Tebu Menjadi Gula Kristal Putih Menggunakan Metode Fuzzy Logic. *Majalah Ilmiah Politeknik Mandiri Bina Prestasi*, 6(2), 230–239.
- Stefry, Siagian, M., Zalukhu, A., & Sinabang, M. L. (2021). Analisis Penyebab Rendahnya Tingkat Rendemen Produksi Gula pada Pabrik Gula XYZ Menggunakan *Fishbone Diagram*, *Failure Mode Effect Analysis*, dan Metode 5W+1H. *TALENTA Conference Series: Energy and Engineering*, 4(1), 38–45. <https://doi.org/10.32734/ee.v4i1.1220>
- Vinet, L., & Zhedanov, A. (2011). A “missing” family of classical orthogonal polynomials. *Journal of Physics A: Mathematical and Theoretical*, 44(8), 1–14. <https://doi.org/10.1088/1751-8113/44/8/085201>
- Wening, O. P. (2021). Analisa Gula Kristal Putih Secara Cepat Menggunakan Near Infrared Spectroscopy. *Indonesian Sugar Research Journal*, 1(2), 106–113. <https://doi.org/10.54256/isrj.v1i2.54>
- Yunika, A., & Ahsan, M. (2023). Pengendalian Kualitas Proses Produksi Hasil Gula Kristal Putih di PG Djatiroto PTPN XI Menggunakan Diagram Kontrol Maximum Multivariate Cumulative Sum (Max-MCUSUM) Berbasis Residual Model Multioutput Least Square Support Vector Regression (MLS-SVR). *Jurnal Sains Dan Seni ITS*, 12(1). <https://doi.org/10.12962/j23373520.v12i1.101891>