

## Analisis Performa Produksi Gula di Pabrik Gula Ngadirejo

### Performance Analysis of Sugar Production in Ngadirejo Sugar Factory

Afifa Husna<sup>1a</sup>, Desiana Nuriza Putri<sup>1</sup>, Hanif Alamudin Manshur<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universitas Muhammadiyah Malang; Jl. Raya Tlogomas No. 246, Babatan, Tegalondo, Kec. Lowokwaru, Kota Malang, Jawa Timur 65144

<sup>a</sup>Korespondensi : Afifa Husna, E-mail: afifahusna@umm.ac.id

Diterima: 26 – 08 – 2022 , Disetujui: 31 – 12 - 2023

#### ABSTRACT

The Ngadirejo Sugar Factory (PG) in Kras District, Kediri Regency is one of the business units whose productivity ranks second highest among the 9 PG subsidiaries of PT. Perkebunan Nusantara (PTPN) X reached 6,250 tons of sugar cane daily. With this high productivity, the quality of sap must always be maintained. This study aims to determine the performance of PG Ngadirejo sugar production as investigated from several intermediate products of white crystal sugar, namely raw sap, thick sap, watery sap, and sulphite sap. The observed values were reducing sugar, pH, polarization value (%pol), and total soluble solid (°Brix) in raw sap, thick sap, watery sap, as well as sulfite sap. The observed values for the end products (white crystal sugar) were yield, sugar solution color (ICUMSA), and sugar crystal size. The data of these four sap types were obtained from the quality assurance (QA) division of PG Ngadirejo for five consecutive days. Then, the data were analyzed descriptively to indicate the performance of the sugar factory. The values of total soluble solid, polarization, reducing sugar, pH, yield, ICUMSA, crystal size, and moisture content were 64 °Brix, 46 %, 6.2%, 5, 6-7%, 168.86-179.86 IU, 1.010 mm, and 0.02%, respectively. Based on the results obtained, the value of total soluble solids, polarization, reducing sugar, ICUMSA, crystal size, and moisture content have met the standards set by the Indonesian National Standard. However, what needs to be improved is the yield value of white crystal sugar produced for five days, which is still below the average value.

**Keywords:** performance analysis, PG. Ngadirejo, sugar factory,

#### ABSTRAK

Pabrik Gula (PG) Ngadirejo di Kecamatan Kras Kabupaten Kediri merupakan salah satu unit usaha yang produktivitasnya menempati urutan kedua tertinggi di antara 9 PG anak perusahaan PT. Perusahaan Nusantara (PTPN) X, yakni mencapai 6.250 ton tebu per hari. Dengan tingginya produktivitas tersebut, kualitas nira harus selalu dipertahankan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui performa produksi gula PG Ngadirejo yang dilihat dari beberapa produk pertengahan dari produksi gula yakni nira mentah, nira kental, nira encer, dan nira sulfitir meliputi gula reduksi, pH, % pol, serta % Brix. Adapun yang diamati pada gula kristal putih (GKP) antara lain nilai Rendemen, warna larutan gula metode ICUMSA, berat jenis butir (BJB), serta kadar air. Data kualitas beberapa sampel nira didapatkan dari bagian *quality assurance* (QA) PG Ngadirejo selama lima hari berturut-turut. Data tersebut kemudian dianalisis secara deskriptif untuk mengetahui performa produksi pabrik. Nilai performa total padatan terlarut, polarisasi, gula reduksi, pH, rendemen, ICUMSA, BJB, dan kadar air berturut-turut adalah 64 °Brix, 46 %, 6,2 %, 5; 6-7%; 168,86-179,86 IU; 1,010 mm; dan 0,02%. Berdasarkan hasil yang didapatkan, nilai %brix, % pol, gula reduksi, ICUMSA, BJB, dan kadar air telah memenuhi standar yang telah ditetapkan oleh SNI. Namun, yang perlu diperbaiki adalah nilai rendemen gula kristal putih selama 5 hari tersebut yang masih di bawah nilai rata-rata

**Kata kunci:** analisis performa, pabrik gula, PG. Ngadirejo

## PENDAHULUAN

PTPN merupakan perusahaan Badan Usaha Milik Negara (BUMN) di bidang perkebunan yang terdiri dari PTPN I (satu) sampai XIV (empat belas) dengan jenis komoditas beragam, antara lain tebu, sawit, teh, karet, kakao, dan lain-lain (Ahmad, 2018). Salah satu anak perusahaan dari PTPN yang memiliki kinerja baik dan produktivitas tinggi adalah PTPN X (sepuluh), dimana salah satu bisnis utama dari perusahaan ini adalah pengolahan tebu menjadi gula kristal putih (GKP). PTPN X mempunyai unit usaha produksi GKP yang didukung oleh 9 PG yang tersebar di wilayah Jawa Timur. PG Ngadirejo Kediri merupakan salah satu unit usaha yang produktivitasnya menempati urutan kedua tertinggi di antara 9 PG tersebut, yakni mencapai 6.250 ton tebu per hari. Selain tingginya produksi, gula yang diproduksi oleh PG Ngadirejo juga telah memenuhi SNI untuk nilai ICUMSA gula yaitu sebesar 150 IU.

Kualitas gula yang baik ditentukan oleh kualitas bahan baku yang baik pula. Batang tanaman tebu terdiri dari sebagian besar (sekitar 75%) yaitu air (nira) dan sisanya dalam bentuk bahan kering (ampas). Terdapat zat-zat organik maupun anorganik yang bersifat terlarut dan tak terlarut pada nira tebu. Gula tebu atau sukrosa dikelompokkan dalam zat organik terlarut pada nira tebu, sedangkan dalam ampas terkandung bahan-bahan organik dan anorganik tak terlarut. Menurut Notojoewono (1984), kandungan tebu antara lain gula-gula sederhana, baik dari golongan disakarida yaitu sukrosa, maupun dari golongan monosakarida yaitu glukosa, fruktosa, dan gula invert (campuran gula fruktosa dan glukosa). Adapun kandungan non-gula pada nira tebu yakni karbohidrat kompleks, selulosa, pektin, asam-asam organik, lilin, dan *trace element* seperti K, Na, Ca, Mg, P, S, Cl, SiO<sub>2</sub>, dan N.

Pengolahan gula di pabrik-pabrik gula PTPN menggunakan proses defekasi-sulfitasi, yang secara umum terbagi menjadi enam unit stasiun. Proses pengolahan tebu diawali dari stasiun pertama yaitu Stasiun Gilingan. Di stasiun ini dilakukan proses pemotongan/pencacahan batang tebu hingga menjadi serabut, kemudian serabut diekstraksi menggunakan alat mesin gilingan hingga nira dalam serabut terperas. Selanjutnya pada stasiun pemurnian dilakukan penambahan sulfit dan kapur pemurnian nira hasil perasan dari stasiun gilingan, serta pengendalian suhu dan pH untuk mendapatkan nira murni. Pada stasiun penguapan dilakukan penurunan kadar air dari nira murni untuk mengefisienkan proses kristalisasi. Di stasiun masakan terjadi pembentukan kristal gula dari nira kental, dimana proses kristalisasi dilakukan dengan beberapa tahapan untuk membentuk kristal dengan ukuran yang diinginkan. Pada stasiun puteran terjadi pemisahan metode sentrifugasi antara kristal gula yang telah jadi dengan stroop (cairan nira yang belum bisa mengkristal). Stroop akan dimasukkan kembali ke stasiun masakan. Di tahap akhir adalah proses penghilangan kadar air dalam kristal gula sampai batas standar menggunakan alat *sugar drier and cooler* (SDC) (PTPN X, 2020).

Di setiap stasiun terdapat produk-produk antara yang dihasilkan, seperti; nira mentah yang dihasilkan dari stasiun gilingan; nira sulfitasi/sulfitir dari stasiun pemurnian; nira kental dari stasiun penguapan; kristal gula dan stroop dari stasiun masakan. Produk-produk antara tersebut memiliki standar kualitas masing-masing yang akan menentukan kualitas produk akhir. Untuk nira, beberapa standar kualitas adalah total padatan terlarut (%brix), polarisasi (%pol), gula reduksi, dan pH, sedangkan standar mutu kristal adalah besar jenis butir (BJB) dan warna larutan gula (ICUMSA). Nilai-nilai tersebut sangat bergantung pada ketepatan proses produksi, sehingga apabila proses produksi tidak dipertahankan sesuai prosedur, maka nilai parameter kualitas akan mengalami kenaikan maupun penurunan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui performa proses pengolahan gula yang dilakukan oleh PG. Ngadirejo selama 5 hari berturut-turut yang dilihat dari nilai %brix, %pol, nilai gula reduksi, dan pH pada nira serta rendemen, besar jenis butir (BJB), dan warna larutan gula yang diperoleh.

## MATERI DAN METODE

Data diambil di PG Ngadirejo di Kecamatan Kras, Kabupaten Kediri Jawa Timur. Penelitian ini menggunakan data kuantitatif yang diambil dari time series atau data yang diambil pada 5 hari berturut-turut pada tanggal 1-5 Oktober 202. Adapun sumber data yang digunakan adalah data primer yang diambil oleh PG tersebut, meliputi analisis gula reduksi, pH, % pol, total padatan terlarut (% Brix) pada nira mentah, nira encer, nira sulfitir, dan nira kental, serta rendemen, warna larutan gula atau ICUMSA, berat jenis butir (BJB), serta kadar air pada GKP. Parameter dari sampel yang diuji tersaji pada Tabel 1. Pada penelitian ini penulis menggunakan pendekatan kuantitatif. Dalam metode pengumpulan data primer, data didapatkan dari bagian *quality assurance* (QA) PTPN X PG Ngadirejo. Metode analisis secara deskriptif digunakan dalam menganalisis performa PG dalam memproduksi GKP.

Tabel 1. Parameter uji pada tiap sampel

No.	Sampel	Parameter uji
1.	Nira mentah	
2.	Nira encer	Gula reduksi, pH, % pol, % Brix
3.	Nira Sulfitir	
4.	Nira kental	
5.	Gula kristal putih	Rendemen, ICUMSA, BJB, kadar air

### Analisis Kadar Air

Nilai gula reduksi diukur pada gula kristal putih menggunakan metode yang dipaparkan oleh Widiaswanti (2014) dengan sedikit modifikasi. Penentuan kadar air diawali dengan penimbangan 5 g dari sampel gula kristal putih kemudian dilakukan pemanasan pada suhu 102-105 °C selama 2 jam atau sampai sampel memiliki berat konstan. Sebelum penimbangan, sampel yang telah kering diletakkan dalam desikator hingga suhunya menjadi suhu ruang, kemudian kadar air dihitung dengan rumus berikut:

$$\text{Kadar air (\%)} = \frac{\text{berat awal sampel} - \text{berat akhir sampel}}{\text{berat awal sampel}} \times 100\% \quad (1)$$

### Analisis pH

Nilai pH diukur pada nira mentah, encer, sulfitir, dan kental menggunakan kertas lakmus sesuai dengan prosedur pengujian PG. Ngadirejo. Kertas lakmus dicelupkan ke dalam masing-masing sampel nira, kemudian dilakukan pengamatan warna kertas lakmus tersebut.

### Analisis Polarisasi (% pol)

Nilai kadar sukrosa dalam suatu larutan ditentukan dengan metode polarisasi tunggal menggunakan alat sakarimeter. Penentuan nilai ini dilakukan dengan metode SNI 3140.3:2010, dengan cara mengambil sebanyak 25 g sampel, dan dicampur ke dalam sebanyak 60 ml air dalam labu ukur. Larutan kemudian diinkubasi pada water bath dengan 20 °C selama 30 menit, selanjutnya disaring dengan kertas Whatman 91 dan filtratnya diambil lalu dituangkan dalam sel kompartemen dalam tabung polarimeter. Nilai yang tertera pada polarimeter dibaca.

### Analisis Warna Larutan Gula metode ICUMSA

Analisis warna larutan gula (ICUMSA) dilakukan sesuai dengan SNI 3140.3:2010. Sebanyak 50 g sampel dilarutkan dalam 50 ml aquades, kemudian ditambahkan 1 gram keishelghur. Larutan disaring menggunakan kertas saring Whatman no. 42 dan filtrat ditampung dalam erlenmeyer, selanjutnya filtrat dilakukan proses deaerasi dengan cara dimasukkan dalam vakum oven atau vakum desikator pada suhu kamar selama 1 jam, atau dimasukkan dalam penangas ultrasonik selama 3 menit. Sampel yang telah diaerasi dimasukkan dalam kuvet dan diukur absorbansinya dengan spektrofotometer dengan

panjang gelombang 420 nm. Setelah itu, zat padat yang terkandung pada sampel dihitung berdasarkan RDS (%) dan densitas (kg/m<sup>3</sup>). RDS ditentukan menggunakan refraktometer. Nilai ICUMSA diperoleh dengan menggunakan rumus:

$$\text{Nilai ICUMSA (IU)} = \frac{1000 \times A_s}{b \times \text{RDS} \times \rho} \quad (2)$$

Dengan  $A_s$  adalah absorbansi,  $b$  adalah tebal kuvet (cm), dan  $\rho$  adalah densitas.

### Analisis Besar Jenis Butir (BJB)

Penentuan nilai BJB dilakukan dengan prinsip pengayakan sesuai dengan prosedur SNI 3140.3:2010. *Sieve shaker* (pengayak) yang digunakan terdiri dari 5 ukuran yang disusun bertumpuk satu sama lain, dengan ukuran dari yang paling atas hingga yang paling bawah yakni ayakan dengan ukuran 12 mesh, 16 mesh, 20 mesh, 30 mesh, 50 mesh. Sebanyak ±65 g sampel dimasukkan pada ayakan paling atas dan alat dinyalakan selama 10 menit. Sampel pada masing-masing ukuran ayakan ditimbang sehingga terdapat 6 fraksi dan dihitung menggunakan rumus berikut:

$$\text{Fraksi } n = \frac{(a \times 100)}{Y} \times f \quad (3)$$

Dimana  $n$  adalah fraksi yang didapatkan dari ayakan, terdiri dari fraksi 1 hingga 6;  $a$  adalah berat butir gula (g) pada masing-masing-masing ayakan;  $Y$  adalah jumlah sampel total sebelum diayak; dan  $f$  adalah faktor ayakan (4,8; 7,1; 10,0; 14,1; 24,0; 48,0 untuk masing-masing fraksi 1 hingga 6). Setelah nilai fraksi didapatkan, dihitung nilai BJB-nya dengan rumus:

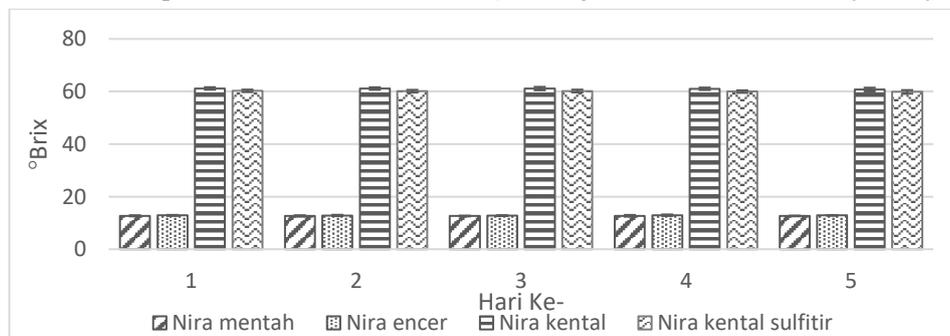
$$Z = q + r + s + t + u + v \quad (4)$$

Dimana  $Z$  adalah nilai BJB;  $q, r, s, t, u,$  dan  $v$  adalah nilai pada masing-masing fraksi.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Performa Total Padatan Terlarut

Salah satu parameter yang menentukan tinggi rendahnya kualitas nira adalah banyaknya jumlah gula yang terdapat dalam nira. Di dalam nira tebu terkandung air dan total padatan terlarut yang berisi gula, karbohidrat jenis pati, garam-garam, serta zat organik lain. Untuk mengetahui total padatan terlarut dari suatu sampel cairan dapat dilakukan dengan mengukur indeks refraksi dan massa dari total padatan terlarut menggunakan refraktometer. Secara sederhana, pengukuran derajat Brix dilakukan untuk mengetahui banyaknya padatan terlarut (dalam gram) yang terkandung dalam 100 gram larutan. Nira encer pada proses pemurnian masih banyak mengandung air yang dapat mengganggu proses pengkristalan. Di stasiun penguapan, kadar air dari nira encer akan berkurang drastis, sedangkan TPT akan mengalami kenaikan hingga didapatkan kekentalan tertentu. Hasil proses penguapan adalah nira dengan kondisi kepekatan TPT mendekati jenuh yaitu antara 60-70 (°Brix) (Gambar 1).



Gambar 1. Nilai total padatan terlarut nira

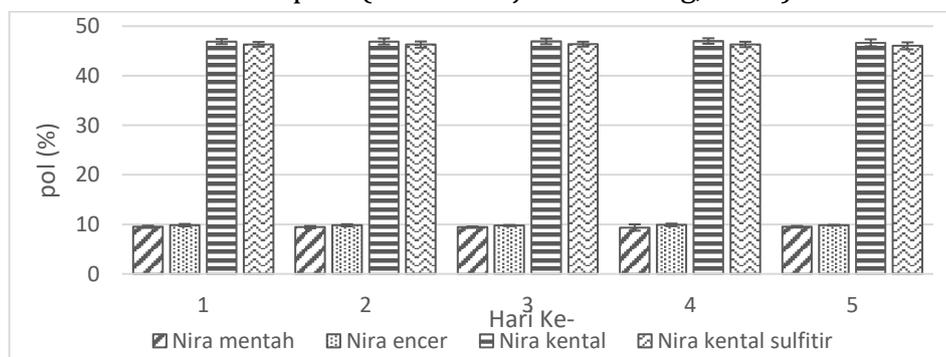
Nilai °Brix meningkat dari nira encer ke nira kental karena banyak air yang keluar selama penguapan sehingga jumlah zat padat yang terlarut akan semakin tinggi. Berdasarkan

penelitian yang dilakukan oleh Santoso (2002), nira yang berkualitas dihasilkan dari varietas tebu yang berkualitas pula. Potensi kandungan gula yang tinggi pada suatu varietas tebu akan mempengaruhi kinerja pabrik, dan pada akhirnya pada GKP yang dihasilkan. Zat padat terlarut yang paling besar terkandung pada nira tebu adalah sukrosa, sehingga makin besar kandungan padatan terlarut atau °Brix-nya, maka kandungan sukrosa yang terkandung semakin besar juga. Semakin banyak jumlah zat yang terlarut oleh suatu pelarut, maka nilai titik didih akan semakin besar dari air. Larutan nira encer yang akan dimasukkan kedalam stasiun penguapan akan mempunyai titik didih lebih tinggi dari air. Di dalam nira, air berperan sebagai zat pelarut yang melarutkan zat terlarut (gula), sehingga apabila dilakukan penguapan pada suhu 100 °C hanya akan menguapkan zat pelarut dan zat terlarut akan terakumulasi dan konsentrasinya menjadi semakin pekat (Storia, 2016).

Hasil observasi menyatakan bahwa selama lima hari berturut-turut, proses penguapan di PG Ngadirejo telah mencapai tujuan yaitu meningkatkan kepekatan nira encer, yang akibatnya diperoleh nira dengan kepekatan yang sesuai, yaitu 64 °Brix. Penelitian yang dilakukan oleh Wijaya *et al.* (2022), mengungkapkan bahwa derajat Brix ditentukan oleh tekanan uap pipa Ube yang diterapkan dalam menghasilkan suplai panas yang baik untuk proses penguapan nira, dimana tekanan yang paling optimal adalah sebesar 0,6 kg/cm<sup>2</sup>. Penurunan tekanan menjadi 0,4 kg/cm<sup>2</sup> akan berpengaruh kepada perubahan nilai padatan terlarut.

### Performa Polarisasi

Nilai polarisasi (pol) menunjukkan resultan dari gula, baik dari sukrosa maupun gula reduksi yang terkandung dalam nira (Tripathi *et al.*, 2017). Selain kadar gula, kualitas gula pasir juga ditentukan oleh nilai polarisasi, kadar abu, dan kadar air, dimana semakin tinggi nilai polarisasinya, maka kadar sukrosanya juga akan makin tinggi. Hal ini menyebabkan kualitas gula akan semakin baik pula (Sudarmadji & Bambang, 2003).



Gambar 2. Nilai % pol nira mentah, encer, kental, dan kental sulfitor dalam 5 hari

Hasil %pol selama lima hari digambarkan dalam histogram Gambar 2. Secara umum %pol ditemukan meningkat secara signifikan di nira kental dan nira kental tersulfitor. Perhitungan nilai pol didapatkan dari alat sakarimeter, yaitu alat polarimeter atau alat yang digunakan untuk mengukur kadar sukrosa khusus pada tebu. Rata-rata pol tebu PG Ngadirejo selama 5 hari adalah sebesar 9,5%, dimana nilai ini masih berada di bawah standar pol tebu yaitu  $\geq 12,0$ . Terlihat dari rata-rata pol nira mentah dan nira encer selama 5 hari yang masih berada dibawah standar, namun pada nira kental dan sulfitor nilai pol sudah mencapai 46% dimana nilai ini telah melampaui standar yang ditetapkan. Cita rasa manis pada tebu mengindikasikan bahwa tebu tersebut dalam tingkat kematangan optimal sehingga terkandung banyak sukrosa di dalamnya yang dinyatakan dalam pol. Menurut standar, nilai pol nira yang berkualitas baik adalah lebih dari 10%.

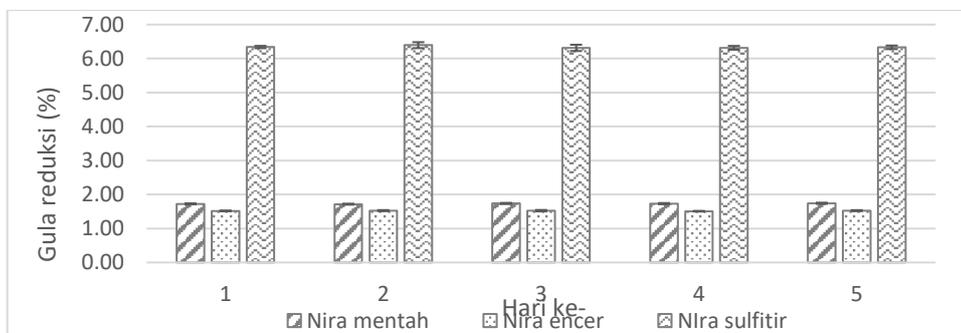
Nilai polarisasi sangat bergantung pada kandungan sukrosa dalam suatu sampel, semakin meningkat kadar sukrosa pada larutan maka semakin tinggi nilai polarisasinya. Menurut Zia-ud-Din & Rasool (2015), terdapat beberapa hal yang menjadi faktor penyebab

turunnya nilai polarisasi, salah satunya adalah adanya senyawa pengotor akibat fluktuasi proses pengolahan. Pada stasiun penguapan, konsentrasi sukrosa akan meningkat seiring dengan menguapnya air, hal ini akan mengakibatkan nilai polarisasi meningkat.

### Performa Gula Reduksi

Penentuan kadar gula reduksi dalam nira dilakukan untuk memperkirakan konsentrasi gula selain sukrosa dalam nira tersebut. Gula reduksi yang dimaksud antara lain adalah dari golongan monosakarida (glukosa, fruktosa, dan galaktosa), serta disakarida (maltosa dan laktosa). Sukrosa, yang merupakan disakarida, tidak termasuk dalam kelompok gula reduksi, dimana keberadaannya dalam konsentrasi tinggi merupakan hal terpenting bagi industri gula di seluruh dunia. Tingginya kandungan gula reduksi pada nira tidak dikehendaki karena menandakan kandungan sukrosa yang rendah. Gambar 3 menunjukkan kandungan gula reduksi dalam tiga jenis nira di proses pengolahan tebu, yaitu nira mentah, encer, dan sulfitir. Kandungan gula reduksi masing-masing pada nira mentah dan encer berturut-turut adalah 1,7 % dan 1,5 %. Menurut SNI 3140.3:2010, standar kandungan gula reduksi nira mentah dan nira encer masing-masing adalah  $\leq 12\%$  dan  $\leq 9\%$ . Semakin rendah nilai gula reduksi pada gula maka semakin baik kualitas gula tersebut. Maka dapat disimpulkan bahwa kualitas bahan baku pembuatan gula pasir telah memenuhi standar.

Kandungan gula reduksi yang paling tinggi dari ketiga nira tersebut ada pada nira sulfitir (sekitar 6,2%). Nira sulfitir merupakan nira yang telah ditambahkan gas  $SO_2$  di stasiun pemurnian. Kandungan gula reduksi pada tahap ini relatif tinggi dibandingkan nira mentah dan encer dikarenakan padatan terlarut selain gula (pengotor) telah mengendap sehingga proporsi gula meningkat. Selain itu, di tahap pemurnian, penambahan kapur dan belerang akan memecah sukrosa menjadi monosakarida penyusunnya, yaitu glukosa dan fruktosa dimana kedua gula tersebut termasuk dalam kelompok gula reduksi. Meskipun kandungan gula reduksinya lebih tinggi, nilai tersebut tetap berada di bawah nilai maksimal yang ada pada standar.

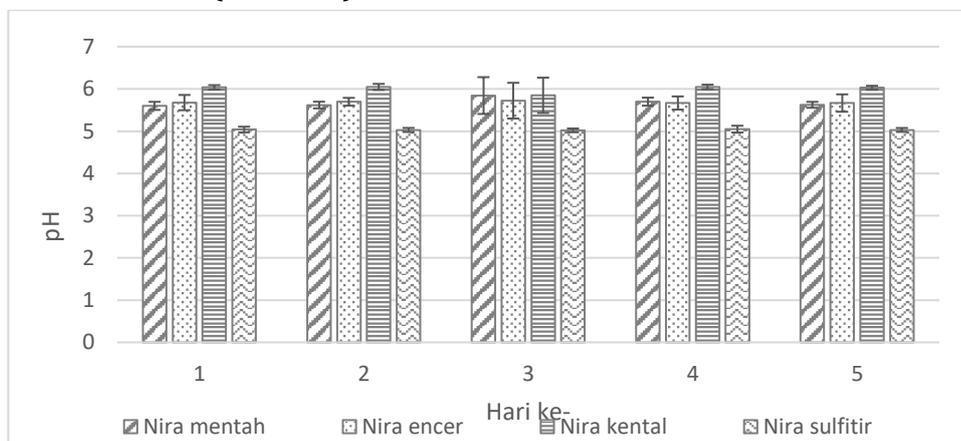


Gambar 3. Nilai gula reduksi pada nira mentah, encer, dan kental sulfitir dalam 5 hari.

### Performa pH

Faktor penentu lain dari kualitas gula yakni nilai pH, dimana rendahnya nilai pH menunjukkan bahwa kualitas gula semakin buruk. Kandungan sukrosa yang ada pada nira akan mudah terkonversi menjadi glukosa dan fruktosa pada lingkungan dengan tingkat keasaman dan temperatur tinggi (di atas  $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), sehingga kualitas gula menurun. Penurunan nilai pH dapat diakibatkan oleh aktivitas mikroorganisme memfermentasi gula-gula reduksi pecahan sukrosa menjadi asam-asam organik. Penurunan pH dapat dicegah dengan menambahkan batu kapur ( $CaCO_3$ ) yang akan dibakar menjadi kapur tohor ( $CaO$ ). Namun, nilai pH juga tidak dikehendaki apabila terlalu tinggi, karena dapat mendegradasi gula reduksi, khususnya fruktosa, menjadi senyawa aldehid sehingga warna nira menjadi kecoklatan yang akan berpengaruh pada nilai ICUMSA produk akhir (gula SHS) (Suparmo & Yuwono, 1990; Winarno, 2004; Erwinda & Susanto, 2014).

Nilai pH dari nira mentah adalah sekitar 5,5% dan nilai ini akan meningkat karena ada penambahan belerang di stasiun pemurnian sebagai tahap bleaching. Nilai pH pada tahap ini adalah sekitar 9, selanjutnya nira hasil *bleaching* masuk di tahap pemberian gas SO<sub>2</sub> sehingga nilai keasaman akan turun menjadi sekitar 5. Nira hasil pemberian belerang dan SO<sub>2</sub> di stasiun pemurnian disebut nira sulfitir dimana selanjutnya akan masuk ke tahap penghilangan kadar air di stasiun penguapan. Nira kental hasil penguapan memiliki nilai pH yang lebih tinggi dibandingkan nira sulfitir (sekitar 6).

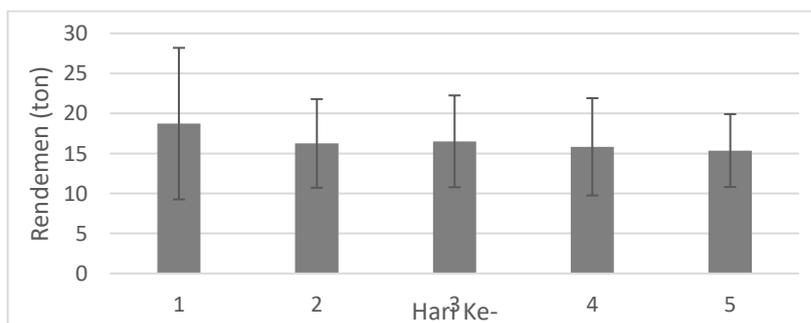


Gambar 4. Nilai pH pada nira mentah, encer, sulfitir, dan kental dalam 5 hari

### Performa Rendemen

Banyaknya produksi gula akan sangat ditentukan oleh nilai rendemen, yaitu persentase kandungan gula yang terdapat pada bahan baku pembuatan gula, yaitu tebu. Berdasarkan definisi, rendemen adalah jumlah kristal gula (dalam satuan kg) yang terbentuk dari setiap kuintal tebu yang digiling. Jumlah rendemen gula yang dihasilkan oleh PG Ngadirejo selama 5 hari dapat dilihat pada Gambar 5, dimana nilai rendemen diketahui sekitar 17 ton. Terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi tinggi rendahnya rendemen gula, antara lain yang berada di lingkup lahan (*on-farm*) dan di luar lahan (*off-farm*).

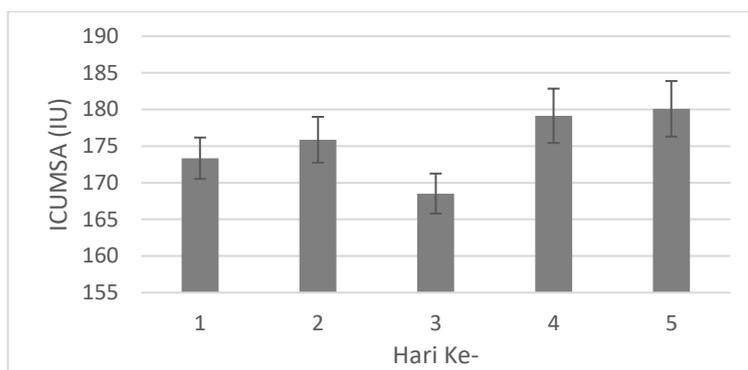
Faktor budidaya (*on-farm*) yang terdiri dari penyiapan lahan, penggunaan bibit, pemupukan, pemeliharaan, dan pemanenan sangat membutuhkan dukungan manajemen dan *controlling* ketepatan waktu penanganan serta manajemen SDM (petani tebu) untuk tetap memproduksi tebu dengan kualitas yang baik. Faktor lainnya yaitu tebang-angkut, meliputi manajemen penebangan tebu, pengangkutan tebu, dan lamanya antrian/waktu tunggu juga mempengaruhi nilai rendemen. Semakin lama waktu tunggu tebu sebelum digiling, maka kandungan gula yang ada di bahan baku tersebut semakin berkurang. Hal ini dikarenakan adanya aktivitas mikroba *Leuconostoc* sp. yang dapat memetabolisme gula tersebut untuk dijadikan sumber energi bagi aktivitasnya. Faktor pengolahan (*off-farm*), meliputi efektivitas peralatan/mesin pengolahan dan alat analisis, serta didukung dengan manajemen dan kemampuan SDM (supervisor dan operator) yang bertugas di setiap stasiun yang ada di pabrik.



Gambar 5. Nilai rendemen gula PG Ngadirejo selama 5 hari

### Performa ICUMSA

Nilai ICUMSA (International Commission for Uniform Methods of Sugar Analysis) merupakan salah satu parameter mutu dari gula, yang menunjukkan kualitas warna gula di dalam larutan yang ditetapkan oleh suatu lembaga khusus yang dibentuk untuk menyusun metode analisis kualitas gula. Besar nilai ICUMSA dari GKP yang diproduksi selama 5 hari pada PG Ngadirejo, mulai dari tanggal 1 hingga 5 Oktober 2021, tersaji pada Gambar 6. Secara keseluruhan, nilai ICUMSA dari gula yang di produksi pada lima hari tersebut berada rentang nilai antara 168,86 hingga 179,86 IU. Rentang nilai tersebut sesuai dengan rentang nilai ICUMSA Gula Kristal Putih (GKP) 1, mengacu pada SNI 3140.3:2010 (Tabel 1). Warna larutan menunjukkan banyaknya zat-zat pengotor yang terdapat dalam gula tersebut, atau dengan kata lain nilai ini mengukur kemurnian dari larutan GKP. Tingginya kemurnian GKP ditunjukkan dengan semakin rendahnya warna larutan atau nilai ICUMSA.



Gambar 6. Nilai ICUMSA Gula dalam Kurun Waktu 5 Hari di PG Ngadirejo

Tabel 1. Syarat Mutu Gula Kristal Putih

Parameter	Syarat	
	GKP 1	GKP 2
Warna kristal (CT)	4,0 – 7,5	7,6 – 10,0
ICUMSA (IU)	81 – 200	201 -300
BJB (mm)	0,8 – 1,2	0,8 – 1,2
Susut pengeringan (b/b) (%)	<0,1	<0,1
Pol (°Z, 20°C)	>99,6	>99,5
Abu konduktiviti (b/b) (%)	Maks. 0,10	Maks. 0,15
SO <sub>2</sub> (mg/kg)	< 30	< 30
Cemaran Pb (mg/kg)	< 2	< 2
Cemaran Cu (mg/kg)	< 2	< 2
Cemaran As (mg/kg)	< 1	< 1

Besaran nilai ICUMSA yang dihasilkan dapat diperkirakan dari nilai beberapa parameter mutu di setiap stasiun proses. Misalnya pada stasiun gilingan, nilai ICUMSA dapat diprediksi dari nilai gula reduksi, Brix, pol, HK, dan pH nira mentah, sedangkan di stasiun pemurnian, nilai Brix, pol, HK, turbiditas, pH, serta kadar CaO nira encer. Adapun yang menentukan ICUMSA pada stasiun penguapan adalah nilai Brix, pol, HK, dan pH nira kental sulfitasi, serta nilai Brix, pol, dan HK masakan A, C, D pada stasiun masakan (Tabel 2).

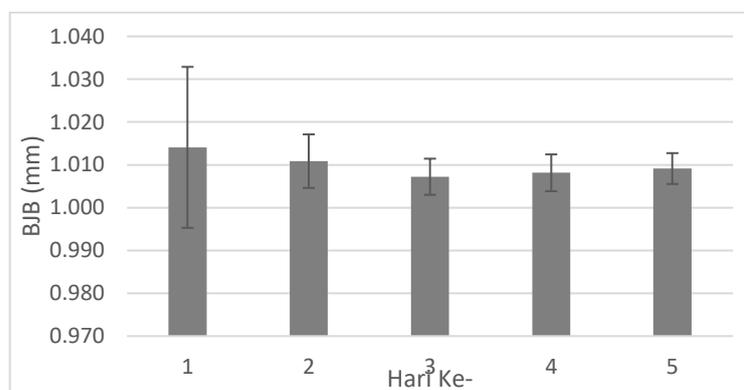
Tabel 2. Parameter proses untuk memprediksi nilai ICUMSA

Stasiun Gilingan	Stasiun Pemurnian	Stasiun Penguapan	Stasiun Masakan
Gula reduksi, Brix, Pol, HK, dan pH nira mentah	Brix, Pol, HK, turbiditas, pH, dan nira encer, serta kadar CaO	Brix, pol, HK, dan pH nira kental tersulfitir	Brix, Pol, dan HK masakan A, C, D

(Sumber: Ariani, 2018)

### Performa Besar Jenis Butir (BJB)

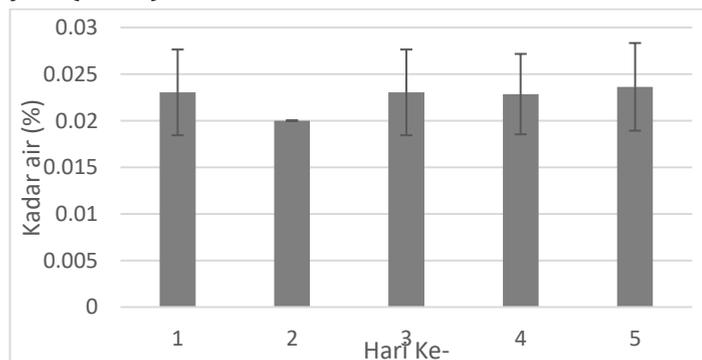
Nilai BJB merupakan salah satu karakteristik fisik yang secara langsung dapat dilihat dan dinilai oleh konsumen, dimana nilai tersebut adalah rata-rata ukuran butir kristal gula dalam satuan mm. Kualitas gula yang baik ditunjukkan dengan semakin seragam ukurannya. Dalam praktiknya, nilai BJB dijasikan nilai pembanding untuk mengklasifikasikan kualitas gula. Adapun hubungan atau korelasi antara nilai BJB dan ICUMSA, dimana apabila nilai BJB semakin kecil, maka nilai ICUMSA semakin rendah atau warna larutan gula semakin putih (Taufiqi & Aksioma, 2018). Nilai BJB dari gula yang diproduksi oleh PG Ngadirejo selama 5 hari dapat dilihat pada Gambar 7. Berdasarkan grafik tersebut, dapat diketahui bahwa nilai BJB gula ( $\pm 1,010$  mm) telah sesuai dengan standar minimal yang ditetapkan oleh SNI (Tabel 1).



Gambar 7. Nilai BJB GKP dalam kurun waktu 5 hari

### Performa Kadar Air Gula

Seperti halnya produk pangan lain, kadar gula akan mempengaruhi umur simpan produk pangan. Hal ini dikarenakan air merupakan tempat reaksi kimiawi berlangsung, sehingga dengan kadar air yang tinggi, reaksi kimiawi enzimatik yang terjadi pada bahan pangan baik yang disebabkan oleh bahan pangan itu sendiri atau yang disebabkan oleh mikroorganisme pembusuk akan semakin cepat terjadi. Gula yang mengandung kadar air tinggi akan semakin cepat mengalami penurunan mutu atau kerusakan selama masa penyimpanan. Selain berpengaruh pada masa simpan dan kerusakan, kadar air pada gula juga berpengaruh pada warna gula, semakin tinggi kadar air maka warna gula akan semakin gelap seperti yang diungkapkan oleh Payne (2013).



Gambar 8. Nilai Kadar Air GKP dalam waktu 5 hari

Pada Tabel 1, terdapat parameter susut pengeringan yang juga menentukan kualitas mutu GKP. Susut pengeringan diasumsikan sebagai kadar air, sehingga besarnya nilai tersebut akan berpengaruh kepada daya simpan GKP. Nilai kadar air GKP yang diproduksi oleh PG Ngadirejo diketahui sebesar  $\pm 0,02$  %, dimana nilai ini sudah memenuhi SNI 3140.3:2010. Apabila nilai kadar air atau susut pengeringan terlalu tinggi, maka harus dilakukan pengecekan pada sistem *drying/cooling* serta meningkatkan suhu pada alat pengolahan.

### KESIMPULAN

Nilai performa %brix; %pol; gula reduksi; pH; rendemen; ICUMSA; BJB; dan kadar air berturut-turut pada 5 hari produksi di PG Ngadirejo adalah 64 °Brix; 46 %; 6,2 %; 5; 6-7%; 168,86-179,86 IU; 1,010 mm; dan 0,02%. Berdasarkan hasil yang didapatkan, nilai %brix, % pol, gula reduksi, ICUMSA, BJB, dan kadar air telah memenuhi standar yang telah ditetapkan oleh SNI. Namun, untuk nilai rendemen gula kristal putih masih di bawah rata-rata.

### DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, M. Y. (2018). *Analisis Kehidupan Ekonomi Petani Mitra PTPN XIV Pabrik Gula Takalar* [Doctoral dissertation, Universitas Negeri Makassar]. Eprints Universitas Negeri Makassar
- Ariani, R. W. (2018). *Prediksi Nilai Warna Larutan (ICUMSA) dan Besar Jenis Butir (BJB) untuk Menentukan Kualitas Gula Berdasarkan Metode Support Vector Machine (Studi Kasus: PT Pabrik Gula Rajawali I Surabaya)*. [Doctoral dissertation, Institut Teknologi Sepuluh Nopember]. ITS Repository.
- Erwinda, M. D., & Susanto, W. H. (2014). Pengaruh pH Nira Tebu (*Saccharum officinarum*) Dan Konsentrasi Penambahan Kapur Terhadap Kualitas Gula Merah [IN PRESS JULI 2014]. *Jurnal Pangan dan Agroindustri*, 2(3), 54-64.
- Istiawati, L. P. M. (2006). Studi Kasus Penentuan Rendemen Tebu di Pabrik Gula Bumh. *Jurnal Keteknik Pertanian*, 20(1).
- Notojoewono. 1984. *Tebu Rakyat Intensifikasi dan Koperasi Unit Desa*. BP3G, Pasuruan
- Payne, J. H. (2013). *Unit operations in cane sugar production*. Elsevier.
- PT Perkebunan Nusantara X. (2020). Selayang Proses Produksi Gula Kristal Putih di PTPN X. <http://ptpn10.co.id/page/produk>
- Santoso, B. E. (2002). Rendemen: definisi, prosedur dan kaitannya dengan kinerja pabrik. *Pasuruan, Pusat Penelitian Perkebunan Gula Indonesia*.
- Santoso, B. E. (2011). Analisis kualitas nira dan bahan alur untuk pengawasan pabrikasi di pabrik gula. *Pasuruan, Pusat Penelitian Perkebunan Gula Indonesia*.
- Storia, E. A. (2016). *Pengaruh obrix terhadap karakteristik perpindahan panas pada evaporator robert sistem quintuple-effect di pg. gempolkrep* (Doctoral dissertation, Institut Teknologi Sepuluh Nopember).
- Sudarmadji, S., & Bambang, H. (2003). Prosedur analisa bahan makanan dan pertanian. *Liberty. Yogyakarta*.
- Suparmo, & Yuwono. S. S. 1990. *Proses Pengolahan Gula Tebu*. Pusat Antara. Universitas Gajah Mada. Yogyakarta.

- Taufiqi, M. S., & Aksioma, D. F. (2018). Pengendalian Kualitas Gula Kristal Putih (GKP) di PG Tjoekir Jombang Menggunakan Diagram Kontrol Multivariat Berbasis Time Series. *Inferensi*, 1(1), 17-22.
- Tripathi, S., Singh, N., Mali, S., Naik, J. R., & Pritesh, S. M. (2017). Sugarcane/sugarcane juice quality evaluation by FT-NIR spectrometer. *Int. J. Curr. Microbiol. Appl. Sci*, 6(8), 3025-3032.
- Widiaswanti, E. (2014). Penggunaan metode statistical quality control (SQC) untuk pengendalian kualitas produk. *Industri Inovatif: Jurnal Teknik Industri*, 4(2), 6-12.
- Wijaya, A. S., Ardiansyah, M. I., Wulan, D. R., & Suwito, A. (2022). ANALISIS VARIABEL PROSES YANG DIPENGARUHI OLEH TEKANAN UAP BEKAS QUINTUPLE EFFECT SYSTEM EVAPORATOR DI PG KEDAWOENG, PASURUAN. *DISTILAT: JURNAL TEKNOLOGI SEPARASI*, 8(1), 213-223.
- Winarno, F. G. (2004). *Kimia Pangan dan Gizi*. Gramedia pustaka utama. Jakarta. Liberty. Yogyakarta.
- Zia-ud-Din, & Rasool, G. (2015). Physico-Chemical Analysis and Polarization Value Estimation of Raw Sugar from Refining Point of View. *American Journal of Plant Sciences*, 6(01), 1.