

Pengaruh Penambahan *Chemical Agent* Terhadap Angka Gula Reduksi Nira Perahan Pertama (NPP)

Siska Nuri Fadilah¹, Reswara Musyafa¹, Lutfi Nanda Putri¹, Dirgantara Syahril¹, Achri Isnan Khamil¹, Maktum Muharja^{1*}

¹Prodi Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Jember
Jl. Kalimantan No. 37 Sumbersari Jember 68121 Jawa Timur

*maktum@unej.ac.id

DOI: <https://doi.org/10.21107/rekayasa.v16i1.17200>

Abstrak

Salah satu permasalahan kritis industri gula adalah tingginya angka gula reduksi akibat inversi sukrosa pada tebu karena adanya bakteri *Leuconostoc sp.* Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh serta kondisi optimum penambahan *chemical agent* terhadap angka gula reduksi nira perahan pertama (NPP). *Chemical agent* yang digunakan adalah benzalkonium klorida, natrium metabisulfit, dan kalsium hipoklorit dengan variasi 1, 2, 3, dan 4 g/L. Analisa gula reduksi (%GR) menggunakan metode uji Lane-Eynon. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan *chemical agent* berpengaruh terhadap penurunan %GR NPP, namun pada dosis rendah cenderung terjadi peningkatan %GR. Titik optimum dicapai ketika penambahan benzalkonium klorida + natrium metabisulfit (BKC+SMB) 3g/L yang mampu menurunkan %GR hingga 2,16%. Kondisi ini berpotensi memberikan keuntungan bersih produksi gula sebesar ±Rp14.056.000,00 per hari. Penggunaan BKC+SMB merupakan solusi guna menurunkan angka gula reduksi dan meningkatkan nilai rendemen industri gula.

Kata Kunci : antibakteri, benzalkonium klorida, gula reduksi, inversi sukrosa, natrium metabisulfit

Abstract

One of the critical problems in the sugar industry is the high number of reducing sugars due to the inversion of sucrose in sugarcane due to the presence of *Leuconostoc sp.* This study aims to determine the effect and the optimum conditions for adding chemical agents to the number of reducing sugars in the first milking juice (NPP). The chemical agents used were benzalkonium chloride, sodium metabisulfite, and calcium hypochlorite with variations of 1, 2, 3, and 4 g/L. Analysis of reducing sugar (%GR) using the Lane-Eynon test method. The results showed that the addition of chemical agents had an effect on decreasing %GR of NPP, but at low doses there was an increase in %GR. The optimum point was reached when the addition of 3g/L benzalkonium chloride + sodium metabisulfite (BKC+SMB) was able to reduce %GR up to 2.16%. This condition has the potential to provide a net profit of sugar production of ±Rp. 14,056,000.00 per day. The use of BKC+SMB is a solution to reduce the number of reducing sugars and increase the yield value of the sugar industry.

Keywords : antibacterial, benzalkonium chloride, reducing sugar, sucrose inversion, sodium metabisulfite

PENDAHULUAN

Dalam beberapa dekade terakhir, kebutuhan gula kristal putih (GKP) di Indonesia terus mengalami peningkatan (Hartanto, 2014; Muharja, Darmayanti, et al., 2022; Rachmadhan et al., 2020; Rusdi et al., 2021). Hal ini dibuktikan dengan produksi gula yang selalu mengalami peningkatan selama 3 tahun terakhir. Menurut data Badan Pusat Statistik 2021, pada tahun 2018 produksi gula mencapai 2,17 juta ton, tahun 2019 sebesar 2,23 juta ton meningkat 2,55% dibandingkan tahun

sebelumnya. Sementara itu, pada tahun 2020 produksi gula sebesar mengalami penurunan sebesar 4,65% dibandingkan tahun 2019. Kemudian pada tahun 2021, produksi gula mencapai 2,35 juta ton yang artinya kembali mengalami peningkatan sebesar 224,93 ribu ton (10,60%) (Badan Pusat Statistik, 2022).

Besarnya tingkat kebutuhan gula membuat industri gula terus berusaha untuk memenuhi kebutuhan konsumen, salah satunya adalah PT. PG Candi Baru. Namun dalam proses produksinya, pabrik gula pada umumnya mengalami sejumlah permasalahan seperti kualitas bahan baku yang buruk, penggunaan bahan kimia dan pemilihan kondisi operasi yang tidak tepat, serta permasalahan kritis yaitu inversi sukrosa pada tebu (Misra et al., 2020). Inversi sukrosa adalah proses

Article History:

Received: October, 22nd, 2022; **Accepted:** March 7th, 2023

Cite this as:

Fadilah et al. (2023). Pengaruh penambahan *chemical agent* terhadap angka gula reduksi nira perahan pertama (NPP). *Rekayasa*. Vol 16(3) 49-57.

terjadinya hidrolisis satu molekul sukrosa dengan satu molekul air yang menghasilkan satu molekul glukosa dan fruktosa (Winata & Susanto, 2015).

Inversi sukrosa dapat disebabkan oleh penurunan pH, waktu tinggal, dan total mikroba (Alimny *et al.*, 2019; Muharja *et al.*, 2019; Prasetyo *et al.*, 2016; Winata & Susanto, 2015). Penyebab utama inversi sukrosa pada tebu adalah bakteri *Leuconostoc sp* (Karsini, 2012). Bakteri *Leuconostoc sp* dapat bertambah banyak pada pH asam dan suhu ruang 25° C (Khairunnisa, 2019). Proses penggilingan tebu mengakibatkan enzim invertase yang dihasilkan oleh bakteri terus bekerja aktif menghidrolisa sukrosa dan memecahnya menjadi gula reduksi (Muharja *et al.*, 2023; Muharja, Widjaja, *et al.*, 2022; Winata & Susanto, 2015). Inversi sukrosa memberikan kerugian ekonomi yang besar bagi produsen gula (Misra *et al.*, 2017). Ketika sukrosa diubah menjadi glukosa dan fruktosa, kualitas gula yang dihasilkan akan menurun, karena glukosa dan fruktosa lebih mudah berfermentasi dan memiliki rasa manis yang kurang kuat dibandingkan sukrosa.

Selain itu, inversi sukrosa juga dapat menyebabkan kristalisasi yang tidak merata dalam produk gula, sehingga gula menjadi tidak homogen (Marin *et al.*, 2019; Muharja *et al.*, 2017; Winata & Susanto, 2015). Kadar glukosa yang tinggi menyebabkan gula yang dihasilkan menjadi lembek dan higroskopis, sehingga gula bermutu rendah (Maharani *et al.*, 2014). Dampak dari inversi sukrosa ini adalah hilangnya sebagian produksi gula yang dihasilkan dan penurunan harga gula yang dihasilkan. Inversi sukrosa juga dapat menyebabkan biaya produksi yang lebih tinggi karena perlu dilakukan pengolahan tambahan untuk mengembalikan sukrosa ke dalam produk gula.

Kerugian ekonomi akibat inversi sukrosa dapat dialami oleh produsen gula di seluruh dunia, karena inversi sukrosa dapat terjadi di mana saja dan pada berbagai jenis tebu atau bahan baku lainnya yang digunakan dalam produksi gula. Oleh karena itu, pengendalian kualitas bahan baku dan proses produksi yang baik sangat penting untuk menghindari inversi sukrosa dan menjaga kualitas dan kuantitas produksi gula. Permasalahan ini dapat dihambat melalui penambahan *chemical agent* yang bersifat inhibitor enzim atau antibakteri saat proses pembuatan gula (Winata & Susanto, 2015). Berdasarkan uraian di atas, maka topik

pengaruh penambahan *chemical agent* pada proses produksi gula menarik untuk diteliti.

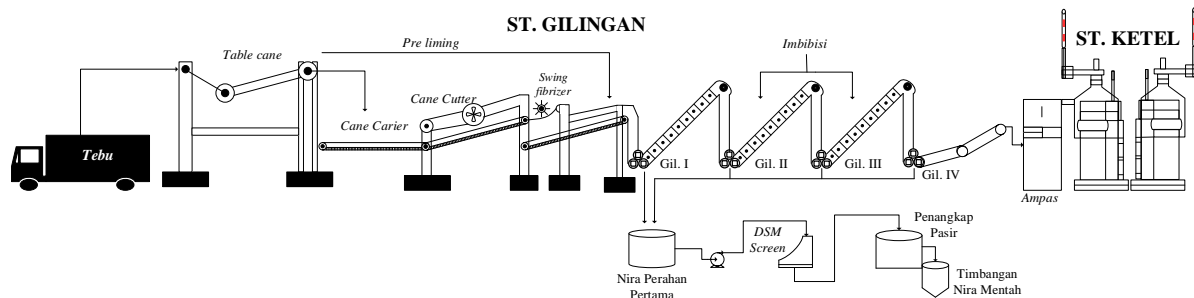
Selama studi literatur, penelitian yang telah dilakukan lebih banyak membahas terkait penghambatan inversi sukrosa dengan cara penyemprotan pada batang tebu pasca panen (Khairunnisa, 2019; Misra *et al.*, 2019; Prasetyo *et al.*, 2016) serta pengujian efektivitas *chemical agent* skala laboratorium pada media agar (Misra *et al.*, 2017, 2020). Meskipun penelitian tentang penghambatan inversi sukrosa sudah pernah dilakukan, namun belum ada penerapan skala industri seperti penambahan *chemical agent* pada nira perahan pertama selama proses produksi gula serta tinjauan angka gula reduksi sebagai hasil dari perlakuan penambahan *chemical agent*. Oleh karena itu, untuk mengisi celah tersebut diperlukan penelitian lain pada skala industri untuk mencegah inversi sukrosa menggunakan *chemical agent* yang ditambahkan pada nira perahan pertama (NPP). Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh penambahan *chemical agent* terhadap angka gula reduksi nira perahan pertama. Perhitungan potensi keuntungan perusahaan menggunakan *chemical agent* dan penurunan angka gula reduksi dilakukan untuk memberikan informasi tambahan bagi industri gula berbasis tebu yang mengalami permasalahan serupa.

METODE PENELITIAN

Alat dan Bahan

Bahan utama yang digunakan dalam penelitian ini yaitu akuades, benzalkonium klorida (BKC), natrium metabisulfit (SMB), dan kalsium hipoklorit (CHC). Bahan pendukung lain yang digunakan untuk uji gula reduksi yaitu larutan CuSO₄ dan K-Na-tartrat. Larutan gula didapatkan dari nira perahan pertama (NPP) penggilingan tebu PT. PG Candi Baru. Alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu gelas ukur 100 ml, gelas beker 300 ml, pipet tetes, kaca arloji, spatula, neraca analitik, batang pengaduk, erlenmeyer, buret, klem, dan statif.

Proses penggilingan tebu merupakan proses pemisahan nira dan ampas tebu, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1. PT. PG Candi Baru memiliki rangkaian gilingan (*Sugar cane mill*) berupa Gilingan I, Gilingan II, Gilingan III, dan Gilingan IV. Sebelum memasuki mesin penggiling, tebu ditambahkan susu kapur (*preliming*) guna menaikkan pH tebu karena kondisi nira yang asam dapat menyebabkan inversi sukrosa.



Gambar 1. Proses Penggilingan Tebu

Hasil Gilingan I disebut dengan nira perahan pertama (NPP), NPP kemudian dialirkan menuju DSM Screen untuk memisahkan nira dari ampas dan kotoran. Ketika dialirkan, dilakukan penambahan senyawa kimia untuk mematikan bakteri penyebab inversi sukrosa. Dilakukan penambahan air imbibisi sebanyak 25-30% dari kapasitas giling pada Gilingan II dan III untuk memudahkan nira keluar dari ampas. Hasil nira Gilingan IV dialirkan menuju ampas pada gilingan II, sementara nira Gilingan III dialirkan menuju ampas Gilingan I menggunakan pompa imbibisi nira. Hasil nira Gilingan I dan II kemudian dialirkan menuju DSM Screen dan ditampung pada tangki nira mentah, sementara ampas dibawa menuju Stasiun Ketel sebagai bahan bakar boiler. Dalam penelitian ini, analisa gula reduksi diambil dari sampel nira perahan pertama (NPP) dengan penambahan beberapa jenis dan konsentrasi *chemical agent*.

Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan selama 3 bulan mulai dari Agustus 2022 – Oktober 2022 bertempat di PT. PG Candi Baru.

Desain Penelitian

Sampel yang digunakan dalam penelitian ini adalah nira perahan pertama (NPP) diambil pada Gilingan I PT. PG Candi Baru yang merupakan NPP setelah melewati tahap *prelimming* namun belum ditambahkan bahan kimia lain. Jumlah sampel yang digunakan yaitu 21 sampel dengan total 3 kali pengulangan. Pengujian awal dilakukan terhadap NPP murni tanpa penambahan *chemical agent* untuk mengetahui % gula reduksi. Setelah NPP ditambahkan *chemical agent* dilakukan pengujian % gula reduksi yang kedua untuk mengetahui angka penurunannya. *Chemical agent* yang digunakan berupa campuran antara

benzalkonium klorida (BKC), natrium metabisulfit (SMB), dan kalsium hipoklorit (CHC) yang divariasikan dalam berbagai konsentrasi untuk mendapatkan hasil optimal.

Tahapan Penelitian

Penelitian ini diawali dengan pengambilan sampel nira perahan pertama (NPP) di Gilingan 1 PT. PG Candi Baru. Langkah selanjutnya yaitu pembuatan dan *chemical agent* terhadap sampel. Kemudian angka gula reduksi setiap sampel dianalisis berdasarkan metode yang telah ditentukan.

Pembuatan Chemical Agent

Chemical agent yang digunakan berupa benzalkonium klorida (BKC), natrium metabisulfit (SMB), dan kalsium hipoklorit (CHC). Digunakan 4 variasi campuran, yakni *chemical agent* A (0,6 gr CHC + 0,3 gr SMB), B (0,3 gr BKC + 0,3 gr CHC + 0,3 gr SMB), C (0,6 gr BKC + 0,3 gr SMB), dan D (1 gr CHC). Setiap campuran ditambahkan 100 ml akuades lalu diaduk.

Penambahan Chemical Agent

Sampel yang digunakan adalah nira perahan pertama (NPP) murni dari Gilingan I PT. Candi Baru, Sidoarjo. Dilakukan penambahan setiap *chemical agent* dengan dosis 1 g/L, 2 g/L, dan 3 g/L pada setiap 100 ml sampel NPP untuk mengetahui campuran yang optimum. Dilakukan percobaan kembali dengan penambahan *chemical agent* yang optimum dengan variasi dosis 2 g/L, 3 g/L, dan 4 g/L.

Analisa Gula Reduksi

Gula reduksi dari setiap sampel ditentukan menggunakan metode Lane-Eynon. Metode ini lebih singkat dan telah sesuai dengan SNI 01-2892-1992 (Afriza & Ismanilda, 2019; Obed *et al.*,

2015). Penentuan dilakukan melalui titrasi terhadap reagen Fehling yang mengandung larutan CuSO₄ dan K-Na-tartrat dengan larutan gula yang akan ditentukan kadarnya (Afriza & Ismanilda, 2019). Data volume titrasi kemudian diolah menggunakan tabel Lane-Eynon dengan data lapangan %Brix NPP untuk mengetahui persentase gula reduksi (%GR).

Analisis Varian (ANOVA)

Data percobaan konsentrasi penambahan aditif terhadap % GR yang telah diperoleh kemudian dianalisa dengan perangkat lunak Minitab 20. ANOVA akan melakukan analisa terhadap signifikansi faktor dari nilai *p-value*, jika nilai *p-value* <0,05. Hasil uji ANOVA juga diamati pada nilai regresi (*R square*) (Fadilah et al., 2022).

Perhitungan %Gula Reduksi (%GR)

Perhitungan persentase kandungan gula reduksi (%GR) dilakukan untuk mengetahui tingkat inversi sukrosa. %GR juga digunakan untuk menentukan jenis *chemical agent* yang paling cocok untuk menurunkan inversi sukrosa dengan melihat nilainya yang paling rendah. Brix merupakan satuan yang menyatakan jumlah padatan terlarut yang terkandung dalam 100 gram larutan yang dihitung sebagai gula (sukrosa, fruktosa, glukosa) (Rein, 2007).

$$\% \text{ Gula reduksi (\%GR)} = \frac{\text{Gula reduksi nira}}{\% \text{ brix nira}} \times 100\% \dots (1)$$

Perhitungan Potensi Biaya

Perhitungan potensi biaya dilakukan untuk mengetahui potensi keuntungan bersih bagi produsen gula ketika menggunakan *chemical agent* dalam mengurangi terjadinya inversi sukrosa yang dapat merugikan produsen.

$$\Delta \%GR \text{ rata - rata} = \frac{\Delta \%GR}{\Sigma \text{hari}} \dots \dots \dots (2)$$

Rendemen yang dapat diselamatkan berdasarkan standar operasional:

$$\% \text{rendemen diselamatkan} = \frac{\Delta \%GR \text{ rata - rata} \times 0,06\%}{2,5\%} \dots (3)$$

$$\begin{aligned} \text{Massa gula diselamatkan} \\ = \% \text{rendemen diselamatkan} \\ \times 2800 \text{ TCD} \dots (4) \end{aligned}$$

Keuntungan kenaikan rendemen :

$$\begin{aligned} \text{Keuntungan} = \text{massa gula diselamatkan} \\ \times \text{harga gula per kg} \dots \dots (5) \end{aligned}$$

Kebutuhan biaya pengadaan *chemical agent* dan keuntungan per hari:

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan bahan per hari} \\ = \frac{(\text{Chemical agent} \times \text{kapasitas nira})}{1000} \dots \dots (6) \end{aligned}$$

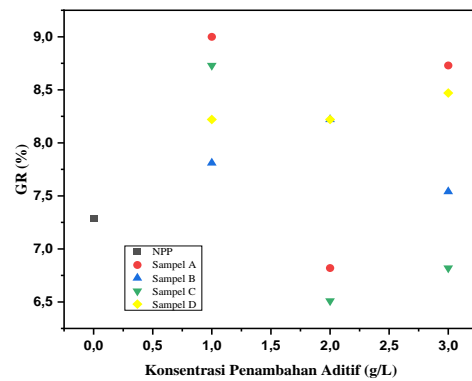
$$\begin{aligned} \text{Biaya bahan baku} = (\text{kapasitas giling per hari} \times \\ \text{harga 1 liter BKC}) + (\text{kapasitas giling per hari} \times \\ \text{harga 1 kg SMB} \dots \dots \dots (7) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Keuntungan bersih} = \text{keuntungan harian} - \\ \text{biaya bahan baku per hari} \dots \dots \dots (8) \end{aligned}$$

HASIL PEMBAHASAN

Pengaruh *Chemical Agent* terhadap Angka Gula Reduksi

Sampel penelitian dianalisa persentase gula reduksi (%GR) untuk sampel NPP murni sebelum penambahan *chemical agent* menggunakan data lapangan %Brix NPP. Nilai %Brix NPP murni sebesar 11,04%, sehingga didapatkan nilai %GR NPP murni sebesar 7,285%. Hasil analisa %GR pada %Brix 11,04% untuk setiap penambahan konsentrasi *chemical agent* ditunjukkan pada Gambar 2.

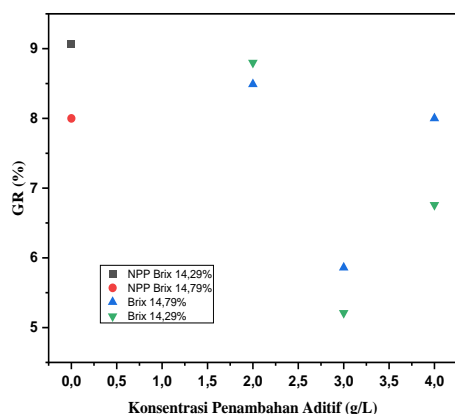


Gambar 1. Hubungan Konsentrasi Penambahan Aditif terhadap %GR pada %Brix 11,04%

Berdasarkan Gambar 2, terlihat bahwa ketika penambahan *chemical agent* dengan dosis 1 gr/L, penurunan %GR NPP tidak terlalu signifikan dan cenderung meningkat. Hal ini disebabkan karena dosis *chemical agent* yang terlalu rendah sehingga menjadi kurang efektif ditambah dengan adanya waktu tinggal, dimana waktu tinggal dapat meningkatkan inversi sukrosa dalam nira (Panigrahi et al., 2021; Sukmana et al., 2022). Hasil percobaan penambahan dosis 2 g/L dan 3 g/L didapatkan titik optimum ketika penambahan *chemical agent* C (BKC+SMB), dimana perlakuan ini dapat menurunkan angka %GR yang lebih banyak dibanding *chemical agent* lainnya. Penambahan *chemical agent* C (BKC+SMB) dengan dosis 2 gr/L mampu menurunkan %GR hingga 6,51%, sementara penambahan 3 g/L mengakibatkan %GR menurun menjadi 6,82%.

Efektivitas *chemical agent* C yang lebih tinggi dibanding senyawa antibakteri lainnya disebabkan karena volume benzalkonium klorida yang paling

tinggi, dimana senyawa tersebut merupakan desinfektan yang bersifat antimikroba luas terhadap bakteri, jamur, dan virus (Pereira & Tagkopoulos, 2019). Bakteri inversi *Leuconostoc sp.* merupakan bakteri gram positif (Endo *et al.*, 2021) dan BKC lebih efektif pada bakteri gram positif (Fazlara & Ekhtelat, 2012). Bakteri gram positif memiliki dinding sel peptidoglikan yang tipis, dimana dinding sel ini tidak mampu untuk menghalangi sehingga senyawa antibakteri dapat menembus ke dalamnya dengan mudah (Breijyeh *et al.*, 2020). Sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Misra *et. al* (2020), senyawa benzalkonium klorida yang disempatkan ke batang tebu terbukti mampu mempertahankan kadar sukrosa dengan penurunan 0.16% (Misra *et al.*, 2020). Hal tersebut juga didukung oleh penggunaan senyawa natrium metabisulfit sebagai senyawa antioksidan dan anti-karamelisasi pada nira (Ali *et al.*, 2019; Kumoro & Hidayat, 2018). Sesuai dengan hasil penelitian oleh Maharani *et. al* (2014) yang menyebutkan bahwa penambahan natrium metabisulfit mampu menurunkan angka gula reduksi sebesar 5,34% (Maharani *et al.*, 2014). Penggunaan natrium metabisulfit juga mampu mengurangi terjadinya pencoklatan pada gula yang dihasilkan (Rosanti, 2010).



Gambar 2. Hubungan Dosis BKC+SMB terhadap %GR NPP pada %Brix 14,29% dan 14,79%

Pengulangan dilakukan untuk menguji efektivitas *chemical agent C* (BKC+SMB) dengan menggunakan sampel NPP yang berbeda. Perbedaan sampel NPP memberikan perbedaan nilai %Brix karena varietas tebu, dan sumber tebu yang digiling. Data lapangan %Brix NPP murni lain adalah 14,29% dan 14,79%. Nilai %GR NPP murni sebelum penambahan *chemical agent* sebesar 9,073% dan 8% secara berturut. Hasil analisa %GR

NPP setelah penambahan *chemical agent C* pada %Brix 14,29% dan %Brix 14,79% ditunjukkan pada Gambar 3.

Penambahan *chemical agent C* (BKC+SMB) terbukti efektif untuk menurunkan %GR pada NPP. Hasil percobaan untuk %Brix 14,29% menunjukkan bahwa penurunan %GR terbesar didapatkan ketika menggunakan dosis 3 g/L, dimana %GR menurun menjadi 5,21%. Penurunan %GR terbesar pada percobaan dengan %Brix 14,79% juga terjadi ketika penambahan dengan dosis 3 g/L, namun penurunannya tidak sebesar sampel pertama.

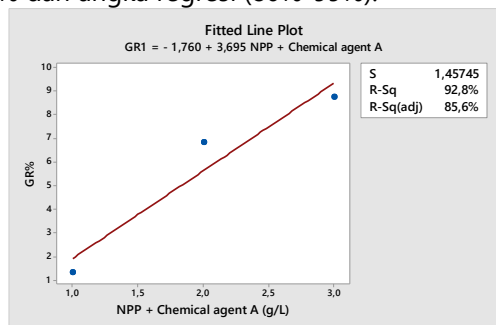
Perbedaan hasil ini diakibatkan karena adanya faktor lain, seperti perbedaan waktu tinggal tebu setelah panen, varietas tebu, atau campuran tebu yang digiling (Misra *et al.*, 2020; Panigrahi *et al.*, 2021; Sukmana *et al.*, 2022). Hal ini dapat disimpulkan bahwa kondisi optimum dicapai ketika penambahan benzalkonium klorida + natrium metabisulfit sebanyak 3 g/L. Terjadi kenaikan %GR saat penambahan 4 g/L karena pengujian titrasi Lane-Eynon yang membutuhkan waktu, dari percobaan ini dapat dikatakan waktu optimum untuk mempertahankan %GR NPP selama pengujian adalah selama 15 menit karena jika melebihi maka angka GR cenderung naik akibat bertambahnya waktu tinggal (Sukmana ., 2022).

Tabel 1. Statistika Deskriptif

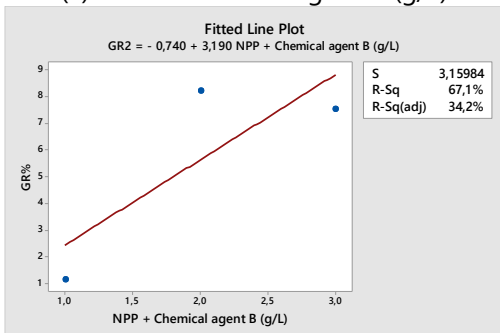
Variabel	Nilai
N	12
N*	0
Percent	100
Mean	5,448
SE Mean	0,937
StDev	3,246
Variance	10,538
CoefVar	59,58
Sum	65,380

Tabel 1 merupakan hasil analisa statistik deskriptif dari penurunan %GR, 12 sampel didapatkan nilai mean yang mencerminkan rata-rata nilai, dimana didapat rata-rata sebesar 5,448 dengan simpangan baku 3,246. Grafik hubungan konsentrasi penambahan setiap *chemical agent* terhadap %GR secara keseluruhan diperlihatkan pada Gambar 4. Terlihat bahwa penurunan %GR hanya terjadi pada penambahan *chemical agent C* dengan semakin besar konsentrasi, penurunannya juga semakin besar dengan nilai regresi 80,3%. Dari nilai regresi dapat disimpulkan bahwa konsentrasi penambahan aditif memiliki pengaruh

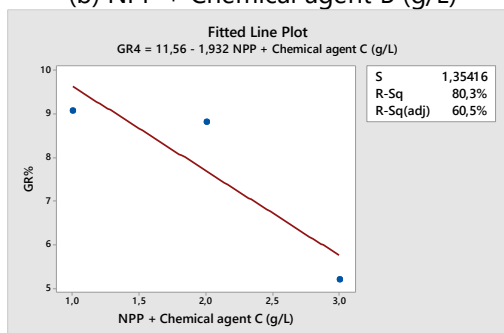
yang signifikan karena mendekati angka regresi 100% dari angka regresi (80%-99%).



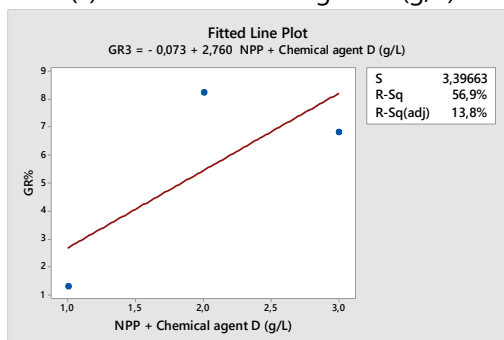
(a) NPP + Chemical agent A (g/L)



(b) NPP + Chemical agent B (g/L)



(c) NPP + Chemical agent C (g/L)



(d) NPP + Chemical agent D (g/L)

Gambar 4. Hubungan antara konsentrasi penambahan aditif dengan %GR

Berdasarkan Gambar 4, dapat diinterpretasikan bahwa simpangan baku lebih besar dari 0, Jika nilai standar deviasi lebih besar atau lebih kecil dari nol, hal ini menunjukkan bahwa setiap titik data jauh dari rata-rata, dan semakin tersebar data maka

semakin besar hubungan antara varian dan rata-ratanya.

Tabel 2. Anova Satu arah

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Konsentrasi penambahan aditif	2	107,271	53,635	55,83	0,000
Error	9	8,646	0,9607		
Total	11	115,918			

Hasil *output* ANOVA ditunjukkan pada Tabel 2, didapatkan nilai signifikan sebesar $0,000 < 0,05$ sehingga dapat dikatakan bahwa penggunaan senyawa BKC + SMB dapat menurunkan persen gula reduksi secara signifikan. Berdasarkan hasil percobaan dan standar operasional PG Candi Baru, kemampuan rata – rata *chemical agent C* (BKC+SMB) 3 g/L mampu menurunkan persentase gula reduksi hingga 2,16%. Setiap penurunan 2,50% GR dapat menurunkan 1% harga kemurnian (HK) tetes dan berpotensi menaikkan rendemen sebesar 0,06%, sehingga dapat dikatakan penurunan 2,16% GR berpotensi menaikkan rendemen sebesar 0,052%. Berikut adalah tabel perbandingan hasil penelitian ini dengan penelitian lainnya.

Tabel 3. Perbandingan Hasil Penelitian Ini Dengan Penelitian Lain

Senyawa	Cara implementasi	Hasil	Referensi
Benzalkonium klorida dan natrium metasilikat	Disemprot pada batang tebu	Kenaikan 0.02% rendemen	Misra <i>et al.</i> , 2020
Benzalkonium klorida dan natrium metabisulfite	Ditambahkan pada nira pemerahan pertama	Kenaikan 0.052% rendemen	Penelitian ini
Benzalkonium klorida dan natrium metasilikat	Disemprot pada batang tebu	Kenaikan 0.40-0.60% rendemen	Misra <i>et al.</i> , 2019
Kalium benzoat dan kalium sorbet	Disemprot pada batang tebu	Kenaikan 1.85% rendemen	Khairunnisa, 2019
Kalium benzoat dan kalium sorbat	Disemprot pada batang tebu	Kenaikan 2.30% rendemen	Prasetyo, Susanto and Wijayanti, 2016

Potensi Keuntungan Penggunaan *Chemical Agent* BKC + SMB

Dengan kapasitas giling PG Candi Baru sebanyak 2800 TCD, kenaikan rendemen 0.052% setara dengan 1,448 ton gula/hari. Apabila potensi pendapatan 1,448 ton gula/hari dirupiahkan dengan harga gula per Juli 2022 seharga Rp 11.900,00/kg, maka diperoleh penambahan keuntungan sebesar ± Rp 17.231.200,00 per hari. Kebutuhan *chemical agent* untuk 2940 ton NPP/hari adalah 8,82 ton larutan BKC+SMB, dengan komposisi 52,92 liter BKC dan 35,28 kg SMB per hari. Biaya yang dibutuhkan untuk pengadaan *chemical agent* adalah ±Rp 3.175.200,00 per hari dengan rincian Rp 2.646.000,00 untuk BKC dan Rp 529.200,00 untuk SMB. Dengan demikian, diperoleh potensi keuntungan bersih sebesar ±Rp 14.056.000,00 per hari bagi perusahaan.

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil percobaan dan pengolahan data yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa proses inversi sukrosa oleh bakteri pada nira dapat dihambat melalui penambahan *chemical agent*. Penurunan angka gula reduksi optimum dicapai ketika penambahan *chemical agent* C (BKC+SMB) 3 g/L. Penambahan tersebut mampu menurunkan angka %GR hingga 2,16%, dimana penurunan ini dapat meningkatkan rendemen dan berpotensi memberikan keuntungan bersih sebesar ±Rp 14.056.000,00 per hari bagi perusahaan. Rekomendasi yang dapat diberikan untuk penelitian selanjutnya adalah perbaikan metode yang lebih sederhana dan bahan kimia yang ekonomis serta tidak membahayakan lingkungan agar mampu meningkatkan rendemen sehingga dapat menaikkan keuntungan perusahaan.

DAFTAR PUSTAKA

Afriza, R., & Ismanilda. (2019). Analisis perbedaan kadar gula pereduksi dengan metode lane eynon dan luff schoorl pada buah naga merah (*Hylocereus Polyrhizus*). *Jurnal Temapela*, 2(2), 90–96. <https://doi.org/10.25077/temapela.2.2.90-96.2019>

Ali, D. Y., Yuwono, S. S., Istianah, N., & Putri, M. W. (2019). Optimization of sodium metabisulphite addition and vacuum evaporation temperature

on production of sweet sorghum juice (*Sorghum bicolor* L. Moench) concentrate using response surface methodology. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 230(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/230/1/012029>

Alimny, A. N., Muharja, M., & Widjaja, A. (2019). Kinetics of Reducing Sugar Formation from Coconut Husk by Subcritical Water Hydrolysis. *Journal of Physics: Conference Series*, 1373(1), 12006. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1373/1/012006>

Badan Pusat Statistik. (2022). *Statistik Tebu Indonesia 2021*.

Breijyeh, Z., Jubeh, B., & Karaman, R. (2020). Resistance of gram-negative bacteria to current antibacterial agents and approaches to resolve it. *Molecules*, 25(12), 1–23. <https://doi.org/10.3390/molecules25122888>

Endo, A., Maeno, S., & Liu, S. Q. (2021). Lactic acid bacteria: *Leuconostoc* spp. In *Encyclopedia of Dairy Sciences: Third edition* (Vol. 4). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/b978-0-08-100596-5.00859-3>

Fadilah, S. N., Khamil, A. I., Muharja, M., Darmayanti, R. F., & Aswie, V. (2022). Enhancement of the Quality of Onion Drying Using Tray Dryer. *CHEESA: Chemical Engineering Research Articles; Vol 5, No 2 (2022)DO - 10.25273/cheesa.v5i2.13968.74-81*. <http://e-journal.unipma.ac.id/index.php/cheesa/article/view/13968>

Fazlara, A., & Ekhtelat, M. (2012). The disinfectant effects of benzalkonium chloride on some important foodborne pathogens. *American-Eurassian J. Agric. & Environ. Sci.*, 12(1), 23–29.

Hartanto, E. S. (2014). Peningkatan mutu produk gula kristal putih melalui teknologi defekasi remelt karbonatasi. *Jurnal Standardisasi*, 16(3), 215–222.

Karsini. (2012). Pembuatan dextran secara fermentasi. *Jurnal Kimia Dan Kemasan*, 16–25. <https://doi.org/https://doi.org/10.24817/jkk.v0i0.4972>

Khairunnisa, I. N. (2019). Pengaruh konsentrasi anti inversi (*buferos*) dan masa tunggu giling

- terhadap kualitas nira tebu (PS 862) PTPN X PG. Ngadirejo, Kediri.
- Kumoro, A., & Hidayat, J. (2018). Effect of soaking time in sodium metabisulfite solution on the physicochemical and functional properties of durian seed flour. *MATEC Web of Conferences*, 156. <https://doi.org/10.1051/matecconf/201815601028>
- Maharani, D. M., Yulianingsih, R., Dewi, S. R., Sugiarto, Y., & Indriani, D. W. (2014). Pengaruh penambahan natrium metabisulfit dan suhu pemasakan dengan menggunakan teknologi vakum terhadap kualitas gula merah tebu. *Agritech*, 34(4), 365–373.
- Marin, F. R., Rattalino Edreira, J. I., Andrade, J., & Grassini, P. (2019). On-farm sugarcane yield and yield components as influenced by number of harvests. *Field Crops Research*, 240(December 2018), 134–142. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2019.06.011>
- Misra, V., Mall, A. K., Pathak, A. D., Solomon, S., & Kishor, R. (2017). Microorganisms affecting Post-Harvest Sucrose Losses in Sugarcane. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 6(7), 2554–2566. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2017.607.361>
- Misra, V., Solomon, S., Hashem, A., Abd_Allah, E. F., Al-Arjani, A. F., Mall, A. K., Prajapati, C. P., & Ansari, M. I. (2019). Minimization of post-harvest sucrose losses in drought affected sugarcane using chemical formulation. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 27(1), 309–317. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2019.09.028>
- Misra, V., Solomon, S., Mall, A. K., Prajapati, C. P., & Ansari, M. I. (2020). Impact of chemical treatments on *Leuconostoc* bacteria from harvested stored cane/stale cane. *Biotechnology Reports*, 27, e00501. <https://doi.org/10.1016/j.btre.2020.e00501>
- Muharja, M., Albana, I., Zuhdan, J., Bachtar, A., & Widjaja, A. (2019). *Reducing Sugar Production in Subcritical Water and Enzymatic Hydrolysis using Plackett- Burman Design and Response Surface Methodology*. 8(2).
- Muharja, M., Darmayanti, R. F., Fachri, B. A., Palupi, B., Rahmawati, I., Rizkiana, M. F., Amini, H. W., Putri, D. K. Y., Setiawan, F. A., Asrofi, M., Widjaja, A., & Halim, A. (2023). Biobutanol production from cocoa pod husk through a sequential green method: Depectination, delignification, enzymatic hydrolysis, and extractive fermentation. *Bioresource Technology Reports*, 27, 101298. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.biteb.2022.101298>
- Muharja, M., Darmayanti, R. F., Widjaja, A., Alwi, A., & Karima, N. (2022). *Simulasi Kenaikan Kapasitas Produksi Gula pada Proses Karbonatasi di PT . Industri Gula Glenmore Menggunakan Perangkat Lunak Aspen Plus*. 11(1), 125–131.
- Muharja, M., Junianti, F., Nurtono, T., & Widjaja, A. (2017). Combined subcritical water and enzymatic hydrolysis for reducing sugar production from coconut husk. *AIP Conference Proceedings*, 1840(1), 30004. <https://doi.org/10.1063/1.4982264>
- Muharja, M., Widjaja, A., Darmayanti, R. F., & Fadhilah, N. (2022). *Subcritical Water Process for Reducing Sugar Production from Biomass: Optimization and Kinetics*. 17(4), 839–849. <https://doi.org/10.9767/bcrec.17.4.16527.839-849>
- Obed, Alimuddin, A. H., & Harlia. (2015). Optimasi katalis asam sulfat dan asam maleat pada produksi gula pereduksi dari hidrolisis kulit buah durian. *Jkk*, 4(1), 67–74.
- Panigrahi, C., Shaikh, A. E. Y., Bag, B. B., Mishra, H. N., & De, S. (2021). A technological review on processing of sugarcane juice: Spoilage, preservation, storage, and packaging aspects. *Journal of Food Process Engineering*, 44(6), 1–19. <https://doi.org/10.1111/jfpe.13706>
- Pereira, B., & Tagkopoulos, I. (2019). Benzalkonium chlorides: Uses, regulatory status, and microbial resistance. *American Society for Microbiology, April*, 1–27. <https://doi.org/10.1128/AEM.00377-19>
- Prasetyo, P., Susanto, W. H., & Wijayanti, S. D. (2016). Pengaruh kondisi penyimpanan tebu praging dan pemberian konsentrasi antiiversi terhadap kualitas nira dan rendemen sementara. *Jurnal Pangan Dan Agroindustri*, 4(1), 137–147.
- Rachmadhan, A. A., Kusnadi, N., & Adhi, A. K.

- (2020). Analisis harga eceran gula kristal putih Indonesia. *Buletin Ilmiah Litbang Perdagangan*, 14(1), 1–20. <https://doi.org/10.30908/bilp.v14i1.433>
- Rein, P. (2007). *Cane Sugar Engineering*. Verlag Dr. Albert Bartens KG.
- Rosanti, A. D. (2010). Pengaruh penambahan dosis natrium bisulfit dan natrium metabisulfit terhadap kualitas gula merah tebu. *Jurnal Hijau Cendekia Volume*, 1(1), 6–10.
- Rusdi, H., Primandhana, W. P., & Wahed, M. (2021). *Analisis faktor yang mempengaruhi impor gula di Indonesia*. 2(1996), 6.
- Sukmana, J., Suhada, A., Ayu, I. G., & Anam, H. (2022). Pengaruh lama penyimpanan terhadap kadar " gula reduksi " nira aren dengan penambahan kapur sirih. *Journal of Authentic Research*, 1(1), 14–19.
- Winata, E. D., & Susanto, W. H. (2015). Pengaruh penambahan antiinversi dan suhu imbibisi terhadap tingkat kesegaran nira tebu. *Jurnal Pangan Dan Agroindustri*, 3(1), 271–280.