

## *Advanced Refinement Techniques for Optimal Sugar Crystal Production*

### **Teknik Pemurnian Tingkat Lanjut untuk Produksi Kristal Gula yang Optimal**

Shiva Haiqa Arman<sup>1</sup>, Lukman Hudi<sup>2</sup>, Rahmaniah Akhairunnisa<sup>3</sup>  
Email coresponding author: lukmanhudi@umsida.ac.id

<sup>1,2,3</sup>Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Jalan Raya Gelam, Candi, Sidoarjo, Jawa Timur.

**Abstract.** *This study investigates the transformation of sap into crystal sugar, emphasizing the enhancement of sugar quality through meticulous purification processes. The methodology involved a sequential observation of various production stages: milling, refining, evaporation, cooking, and finishing, each integrated with a quality assurance analysis to maintain high product standards. Critical parameters such as Brix, pol, temperature, pH, color balance, phosphate, sulfur content, and turbidity were rigorously monitored. Findings indicate that strategic control of these parameters at the purification stage significantly reduces impurities, thus ensuring the consistency and quality of the final crystal sugar product. The implications of this study suggest that systematic quality controls and precise parameter management may lead to improvements in sugar refinement processes, with potential applications in similar manufacturing environments globally.*

**Keywords** – Crystal Sugar, Cane, Crystallization

**Abstrak.** *Penelitian ini menyelidiki transformasi nira menjadi gula kristal, dengan penekanan pada peningkatan kualitas gula melalui proses pemurnian yang cermat. Metodologi yang digunakan adalah pengamatan berurutan terhadap berbagai tahap produksi: penggilingan, pemurnian, penguapan, pemasakan, dan penyelesaian, yang masing-masing diintegrasikan dengan analisis jaminan kualitas untuk mempertahankan standar produk yang tinggi. Parameter penting seperti Brix, pol, suhu, pH, keseimbangan warna, fosfat, kandungan sulfur, dan kekeruhan dipantau secara ketat. Temuan menunjukkan bahwa kontrol strategis terhadap parameter-parameter ini pada tahap pemurnian secara signifikan mengurangi pengotor, sehingga memastikan konsistensi dan kualitas produk gula kristal akhir. Implikasi dari penelitian ini menunjukkan bahwa kontrol kualitas yang sistematis dan manajemen parameter yang tepat dapat mengarah pada peningkatan proses pemurnian gula, dengan potensi aplikasi di lingkungan manufaktur serupa secara global.*

**Kata Kunci** – Gula Kristal, Tebu, Kristalisasi

#### **I.PENDAHULUAN**

Manufaktur merupakan jenis bisnis yang menghasilkan barang yang berasal dari beberapa bahan mentah dan diolah menjadi barang jadi untuk mendapatkan keuntungan. Gula atau sukrosa (glukosa dan frukosa) yang memiliki rumus molekul  $C_{12}H_{22}O_{11}$  dengan bentuk kristal ukuran 0,8-1,2 mm memiliki sifat mudah larut dalam air dan pada kondisi suhu tinggi serta suasana asam dengan tingkat kelarutan yang cukup besar. Pada suasana alkalis, gula lebih stabil namun dalam prosesnya akan mengalami pencoklatan. Gula yang dihasilkan berasal dari tanaman tebu (*Saccharum officinarum*)[1].

Pada produksi gula terdapat stasiun dan proses produksi gula yaitu stasiun penerimaan dan penimbangan tebu, 4 stasiun gilingan, stasiun pemurnian, stasiun penguapan, stasiun pengkristalan dan puteran. Di setiap stasiun juga diuji mutu dan parameernya karena mutu merupakan upaya dari produsen untuk memenuhi kepuasan pelanggan dengan memberikan apa yang menjadi kebutuhan, ekspektasi, dan bahkan harapan dari pelanggan, dimana upaya tersebut terlihat dan terukur dari hasil akhir produk yang dihasilkan. Pengendalian mutu (Quality Control) merupakan bagian dari manajemen mutu yang difokuskan pada pemenuhan persyaratan mutu. Produk yang bermutu akan memberikan banyak keuntungan. Namun meskipun proses produksi telah dilakukan dengan baik, pada kenyataan di lapangan seringkali masih ditemukan ketidaksesuaian antara produk dengan harapan atau tidak sesuai dengan standar yang ada atau dengan kata lain produk tersebut cacat. Secara umum tujuan utama dari pengendalian mutu adalah menjaga mutu produk dan meminimalisir produk cacat lolos ke tangan konsumen secara kontinyu[2].

Gula merupakan suatu karbohidrat yang umumnya dihasilkan dari tebu atau dikenal sebagai gula pasir atau gula putih (pada tulisan ini selanjutnya ditulis sebagai gula tebu). Namun demikian, dari segi produksi, produsen gula tebu dalam negeri belum mampu memenuhi kebutuhan konsumsi dalam negeri, sehingga untuk menutupi kekurangan

tersebut pemerintah melakukan impor gula. Impor gula ini pada kenyataannya terus meningkat dari tahun ke tahun sehingga membuat pemerintah khawatir karena merupakan ancaman terhadap kemandirian pangan[3]. Gula sendiri merupakan jenis pemanis yang dapat diekstrak dari tanaman tebu maupun tanaman aren. Sebelum menjadi gula, tentunya tebu dan aren mengalami beberapa proses mulai dari proses penanaman, proses panen / tebang hingga proses penggilingan tebu dan aren pada pabrik gula[4]. Tanaman tebu (*Saccharum officinarum* L.) dibudidayakan di daerah beriklim tropis sebagai bahan baku atau penghasil utama gula. Umur tanaman sejak ditanam sampai bisa dipanen mencapai kurang lebih 1 tahun. Tebu mempunyai nilai ekonomi yang cukup tinggi dan sangat penting karena merupakan bahan baku utama industri gula pasir, sehingga terus diupayakan peningkatan produksinya[5]. Selain sebagai salah satu kebutuhan pangan yang sangat penting bagi kehidupan sehari-hari baik dalam skala rumah tangga maupun industri makanan dan minuman baik besar maupun kecil, gula pasir juga merupakan sumber kalori bagi masyarakat selain beras, jagung, dan umbi-umbian[6].

## II. METODE

Beberapa metode yang dilakukan dalam pelaksanaan PKL (Praktek Kerja Lapangan) antara lain: Observasi yang dilakukan dengan cara mengamati langsung proses pembuatan gula dari stasiun gilingan, stasiun pemurnian, stasiun penguapan, stasiun masakan, stasiun puteran dan stasiun penyelesaian serta yang terakhir stasiun penyelesaian dan mengamati cara analisa nira di laboratorium *quality assurance*. Yang kedua dilakukan dengan cara wawancara kepada para pekerja yang bertugas dan ahli dalam bidangnya untuk mendapatkan informasi yang lebih akurat. Yang ketiga mengkaji dengan referensi jurnal dan praktik menguji pol (kadar sukrosa/gula), Brix (kadar zat terlarut yang memiliki kaitan sebanding dengan kekentalan, semakin tinggi Brixnya maka semakin kental nira karena jumlah airnya lebih sedikit), pH, kadar kapur turbidity (kekeruhan/kejernihan larutan) di laboratorium *quality assurance*. Hal ini dilakukan untuk menambah wawasan, pemahaman dan kemampuan tentang nira. Yang terakhir dokumentasi untuk mendukung beberapa data PKL antara lain dokumentasi alat-alat yang ada di pabrik, dokumentasi prosedur kerja, dan flow chart.

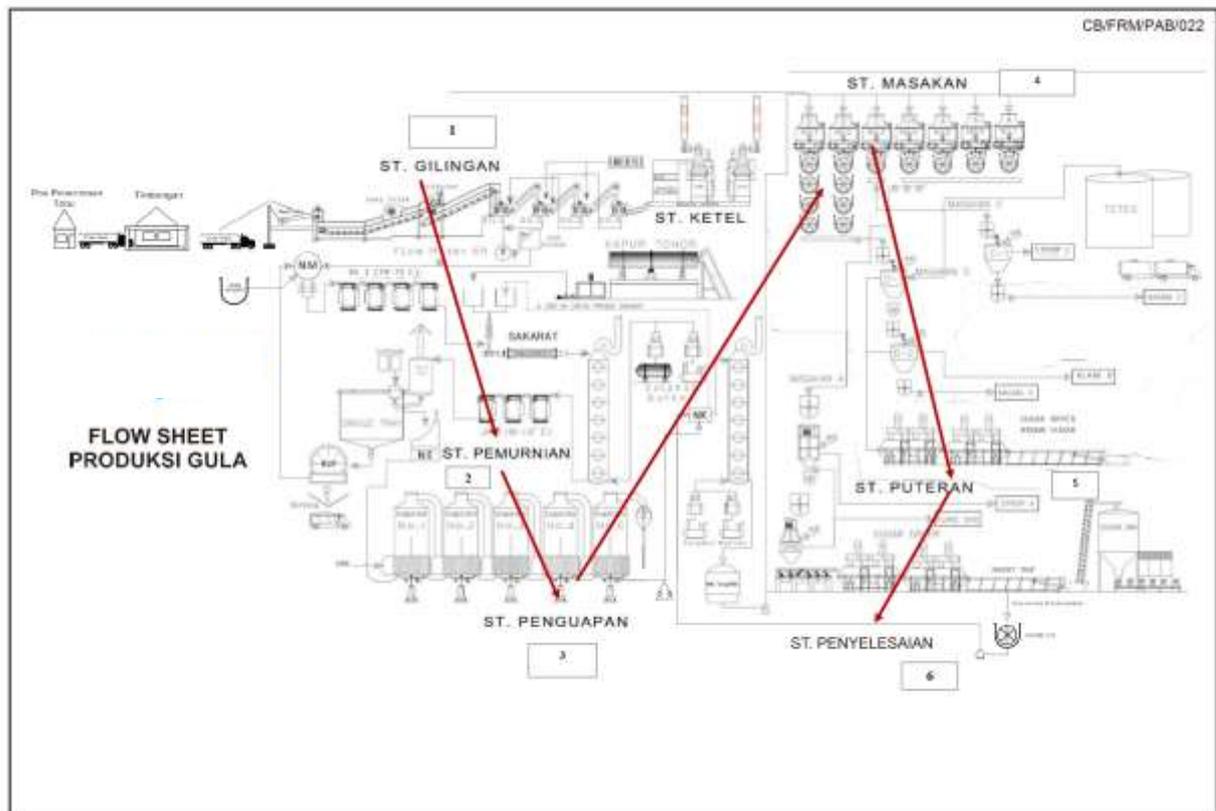
Pelaksanaan penelitian ini meliputi proses pembuatan gula yang mendalami pada stasiun pemurnian. Nira hasil pengumpulan dari stasiun gilingan dikumpulkan di peti nira. Kemudian ditambahkan asam fosfat untuk mengatur pH dan *bleaching* warna (memperbaiki warna). Pada stasiun pemurnian terjadi proses pemisahan nira dari kotorannya yang menggunakan penangkap pasir. Kemudian nira yang telah dipisahkan dari kotorannya ditambahkan sakarat dengan pH 10-11,5 dan ketika sakarat dicampurkan pH nira masih di kisaran 8,2-8,4. Nira dicampur dengan sulfur atau belerang yang hasilnya menghasilkan nira sulfatasi, pencampuran sulfur ini untuk memperbaiki warna nira. Pemanasan dilakukan secara bertahap dari suhu 70-75°C lalu menjadi 110°C. Setelah menjadi nira jernih tersulfatasi maka dibawa ke lab untuk di analisa Brix atau tingkat kekentalan, analisa Pol, pH, turbidity (tingkat kemurniaan), kadar kapur, reduksi serta neraca warna. Faktor penyebab suatu pengamatan tidak terkendali dalam proses produksi gula kristal putih yaitu faktor manusia, mesin, metode, bahan baku, lingkungan, dan pengukuran. Pada karakteristik kualitas warna larutan, faktor manusia salah satunya disebabkan oleh kelalaian melakukan prosedur analisa, ketidakpatuhan terhadap prosedur proses produksi gula khususnya pH, suhu, dan waktu. Faktor mesin salah satunya yaitu kerusakan saringan nira, pH terkontrol dan lainnya. Pada faktor metode yaitu perbedaan prosedur analisa, kuvet tidak standar dan lain-lain. Faktor bahan baku yaitu kualitas tebu yang berbeda. Faktor lingkungan baik warna larutan atau besar jenis butir disebabkan oleh suhu ruangan dan cuaca yang berada di sekitar pabrik[7].

## III. HASIL DAN PEMBAHASAN

### A. Proses Pembuatan Gula

Pada pembuatan gula memiliki beberapa stasiun dimulai dari stasiun gilingan untuk diperah nira pertama. Kemudian dikirim ke stasiun pemurnian untuk dibersihkan dari kotorannya dan mengalami pemanasan bertahap di juice heater, lalu dilanjutkan di stasiun penguapan untuk mengeluarkan uap yang tak diperlukan dan masuk ke stasiun pemasakan dan puteran untuk menghasilkan masakan A,C,D yang nantinya akan mengkristal dan menjadi gula, dan di tahap akhir dikirim ke stasiun penyelesaian untuk pengemasan dan penyeleksian gula yang memenuhi kriteria atau pun yang harus diproses ulang. Penelitian ini lebih mendalami proses pembuatan gula di stasiun pemurnian dan juga pengendalian mutunya. Pada proses pemurnian ada beberapa alat yang digunakan yaitu flash tank untuk melepaskan gas, single tray untuk memisahkan dari ampas, RVF sebagai vacum filter, juice heater untuk meningkatkan suhu, turbidity weiger untuk mengukur tingkat kemurniaan pada saat analisa di lab, pH meter untuk mengukur Ph, polarimeter untuk mengukur pol (kadar gula), vacum untuk mengukur

neraca warna, dan spektrofotometer untuk mengukur abs pada tahap neraca warna. Sementara bahan baku utama dalam pembuatan gula adalah tebu



Gambar 1. Flow Chart

Pada stasiun masakan dan puteran masakan D diputar sebanyak 2 kali, masakan C diputar sebanyak 1 kali, dan masakan A diputar sebanyak 2 kali. Perbedaan masakan D, C, A terletak pada ukurannya. Masakan D lebih kecil dari masakan C dan masakan C lebih kecil dari masakan A. Jadi semakin dimasak semakin besar ukuran kristal gula. Stasiun ketel diperuntukan untuk daur ulang energi dan penyaluran energi pada proses pembuatan gula kristal.

## B. Stasiun Pemurniaan Pada Proses Pembuatan Gula

Proses pemurniaan bertujuan untuk menghilangkan komponen bukan gula (kotoran) dan warna yang terdapat pada nira dengan benar (efisien), tanpa menyebabkan kerusakan kandungan gula yang terdapat pada nira. Pemanasan pada stasiun pemurniaan dilakukan sebanyak 2 kali pada PP1 dan PP2. Pada PP 1 suhunya 75°C dan PP 2 suhunya 105°C-110°C. Penambahan susu kapur atau  $Ca(OH)_2$  bertujuan untuk menaikkan pH nira dan pembentukan inti endapan. Pencampuran antara nira dengan susu kapur harus sempurna dengan mengontrol suhu, waktu dan juga pH. Tujuan ditambahkan gas  $SO_2$  yaitu menetralkan kelebihan kapur dengan cara membentuk endapan kalsium sulfat yang sempurna dan memucatkan warna. Proses ini harus dikontrol agar pH sesuai standar serta suhunya sekitar 74°C. Penambahan flokulan bertujuan sebagai katalisator proses pengendapan. Pada tahap pemurniaan nira harus di analisa terlebih dahulu karena menurut Luthfi *et al* (2016) tujuan pengendalian mutu adalah untuk mendapatkan jaminan bahwa mutu produk atau jasa yang dihasilkan sesuai dengan standar mutu yang ditetapkan dengan mengeluarkan biaya yang ekonomis atau serendah mungkin. Beberapa parameter yang harus di analisa di laboratorium quality assurance seperti Brix, suhu, pol (kadar gula), neraca warna, turbidity pH, kadar belerang dan juga kadar kapur.

Brix adalah kadar zat terlarut yang ada didalamnya yang memiliki kaitan sebanding dengan kekentalan semakin tinggi nilai Brixnya maka semakin kental nira karena jumlah airnya lebih sedikit. Pada proses pemurnian nira jernih brixnya berkisar di angka 5,7. Cara mengukur brix adalah diambil nira sebanyak 150 ml lalu ditambahkan 1500 gr, lalu di mixer untuk dihomogenkan. Dimasukkan sampel yang sudah diaduk rata ke dalam mol glass untuk diamati kadar brix dan diamati suhu. Perhitungan brix terkoreksi. Cara menganalisa brix adalah di ambil sampel 300gr. Kemudian ditambahkan air sampai dengan berat 1500 gr ( pengenceran 5x). Diaduk dialat pengaduk yang sudah disediakan sampai homogen. Masukkan sampel yang udah diaduk rata ke dalam mol glass untuk diamati kadar Brix dan amati suhu. Dan terakhir perhitungan brix terkoreksi. Suhu pemanasan pada staisun pemurnian dilakukan sebanyak 2 kali pada PP1 dan PP2. Pada PP 1 suhunya 75°C dan PP 2 suhunya 105°C-110°C.

Analisa Pol (Kadar Gula) diukur dengan alat polirometer dengan cara nira encer diambil sebanyak 100 ml lalu ditambahkan lood untuk diendapkan ampasnya dan diambil tetesannya melalui saringan dan dimasukkan ke tabung polarimeter untuk diukur nilai polnya dengan polarimeter. Analisis blotong dilakukan oleh pihak QA untuk mengetahui apakah masih ada kandungan gula yang terbawa didalam blotong. Standart yang ditetapkan nilai %pol blotong yaitu  $\leq 2\%$ .

Cara analisa pol adalah labu ukur 100-110 ml dibilas dua kali dengan niar, lalu diisi hingga garis 100. Dibutuhkan 5 ml Form A dan 5 ml Form B hingga garis 110 ml dan saring untuk diambil filtratnya. Tetesan pertama, kedua dan ketiga ml dibuang. Tetesan pertama, kedua dan ketiga ml dibuang. Apabila  $\frac{1}{4}$  bagian nira sudah tersaring, bilaslah pipa-pipa polarisa 200 ml beberapa kali dengan menggunakan filtrate yang sudah jernih lalu isi sampai penuh. Nira dalam pipa harus jernih dan tidak boleh mengandung udara, itu dapat terjadi apabila pipa sebelum diisi filtrate yang sudah jernih lalu isi sampai penuh. Nira dalam pipa harus jernih dan tidak boleh mengandung udara, itu dapat terjadi apabila pipa sebelum diisi filtrate yang sudah jernih lalu isi sampai penuh.

Polarisasi nira dibaca dengan alat polarimeter. Dari pembacaan dan Brix sebelum koreksi dicari dalam daftar SCHMYTZ (daftar IV) hasil polari dikali 5. Analisa neraca warna dilakukan untuk melihat kelayakan warna pada nira karena warna pada nira juga akan mempengaruhi hasil produksi. Semakin tinggi nilai dari neraca warna maka kualitas nira semakin rendah. Cara menganalisa neraca warna adalah dengan menambahkan nira jernih 50 ml lalu ditambahkan aquades 50 ml, ditambahkan kieseguhur sebanyak 1 gram untuk mengendapkan kotoran nira, kemudian disaring untuk dipisahkan dengan endapannya, nira encer yang telah disaring kemudian divacum dan kemudian di ukur absnya dengan spektrofotometer. Pada nira encer abs yang diharapkan ialah 0,304. Sementara analisis turbidity dilakukan oleh pihak QA untuk mengetahui zat keruh pada nira hasil pemurnian yang dapat diukur dengan alat turbidity meter. Nilai yang diharapkan dibawah 50.

pH dapat diukur dengan pH meter karena yang dihasilkan pada tahap pemurnian adalah nira jernih maka nilai pH Nira Jernih 7.0 – 7.2. Kadar belerang biasanya berkisar di antara 0,05-0,06. Tujuan ditambahkannya gas SO<sub>2</sub> yaitu menetralkan kelebihan kapur dengan cara membentuk endapan calcium sulfit yang sempurna dan memucatkan warna. Proses ini harus dikontrol agar pH sesuai standar serta suhunya sekitar 74°C. Penambahan flokulan bertujuan sebagai katalisator proses pengendapan. Penambahan susu kapur bertujuan untuk menaikkan pH nira dan pembentukan inti endapan. Pencampuran antara nira dengan susu kapur harus sempurna dengan mengontrol suhu, waktu dan juga pH. Kadar kapur diukur dengan dicampurkannya nira encer sebanyak 5ml ke dalam aquades 45ml lalu ditambahkan ammonia 2ml, indicator BET 3 tetes dan dicampur oleh KCN sebanyak 2ml lalu dititrasi dengan edta hingga berubah warna menjadi hijau dan dilihat hasilnya. Jika nilai yang dihasilkan semakin rendah maka semakin baik karena artinya kadar kapur yang terkandung tidak banyak.

Cara analisa kadar kapur adalah diambil contoh nira encer 5 ml. Kemudian ditambahkan H<sub>2</sub>O 45 ml, ditambahkan buffer ammoniak 2 ml, ditambahkan KCN 2 ml, ditambahkan EBT 3 tetes. Ditetesi dengan larutan EDTA sampai berubah menjadi kehijauan. Dan terakhir dicatat hasil tetras d lalu dmasukkan kedalam dan masukkan kedalam perhitungan . **Perhitungan =ml Titrasi X Faktor EDTA X 1000/5.**

Penanganan yang dilakukan apabila terjadi penyimpangan apabila hasil %pol blotong dan turbidity tidak sesuai dengan standar, hal ini disebabkan beberapa hal seperti proses pengendapan tidak maksimal, waktu reaksi dengan bahan kimia dan proses lainnya yang kurang optimal dikarenakan dorongan dari nira pada proses sebelumnya menyebabkan waktu tinggal nira berkurang sehingga reaksi kimia tidak sempurna. Dan selain itu penurunan mutu nira terjadi karena adanya korosi. Korosi ini merupakan hal yang tidak dapat dihindari karena mesin yang digunakan berbahan logam. Sehingga perlu adanya pengecekan dan meningkatkan sanitasi untuk meminimalkan terjadinya korosi.

#### IV.KESIMPULAN

Proses pembuatan gula dimulai dari stasiun gilingan, stasiun pemurnian, staisun penguapan, stasiun masakan dan puteran serta berakhir pada stasiun penyelesaian. Pada setiap stasiun mutu nira terlebih dahulu di analisa di laboratorium quality assurance untuk tetap menjaga mutu selalu baik. Di tahap pemurnian diharapkan dapat

membersihkan nira dari kotorannya oleh karena itu parameter brix, pol, suhu, pH, neraca warna, kadar pospat, kadar belerang, turbidity harus di analisa dan diinformasikan ke bagian produksi untuk mengetahui apa saja yang harus di perbaiki dan yang tidak agar produk gula yang dihasilkan mutunya tetap terjamin. Beberapa kriteria nira murni yang baik adalah nilai turbidity yang diharapkan dibawah 50, Suhu di pemanasan pertama 75°C dan di pemanasan ke dua sebesar 105°C-110°C, angka Brix berkisar di angka 5,7. pH nira murni masih asam direntang 4,9-5,5. Setelah *preliming* di gilingan dan pengaturan pH di permuliaan, standarnya pH lebih besar dari 6.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Disampaikan terima kasih kepada Prodi Teknologi Pangan, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo yang telah memfasilitasi observasi lapangan proses pembuatan gula kristal pada proses pembuatan artikel ini.

#### REFERENSI

- [1] M. D. Dhamayanthi, "Laporan Pelaksanaan On the Job Training 1," 2022.
- [2] F. A. Soejana, "Pengendalian Mutu Proses Produksi Gula Di PT. Perkebunan Nusantara X Pabrik Gula Gempolkrep, Mojokerto," *J. Teknotan*, vol. 14, no. 2, p. 55, 2021, doi: 10.24198/jt.vol14n2.4.
- [3] E. Mela, N. Fadhillah, and M. Mustaufik, "Gula Kelapa Kristal Dan Potensi Pemanfaatannya Pada Produk Minuman," *Agritech J. Fak. Pertan. Univ. Muhammadiyah Purwokerto*, vol. 22, no. 1, 2020, doi: 10.30595/agritech.v22i1.7059.
- [4] D. Anwar, "Perbandingan Hidrolisis Gula Aren Dan Gula Pasir Dengan Katalis Matriks Polistirena Terikat Silang (Crosslink)," *J. Ilm. Kohesi*, vol. 3, no. 3, pp. 15–20, 2019.
- [5] S. dan A. Junyah Leli Isnaini1, "Pertumbuhan setek tanaman tebu (," *Agrokompleks*, vol. 14, no. 1, pp. 12–15, 2014.
- [6] Y. S. Wiranata, "Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Impor Gula Pasir Di Indonesia Tahun 1980-2010," *Econ. Dev. Anal. J.*, vol. 2, no. 1, pp. 1–2, 2013, [Online]. Available: <http://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/edaj>
- [7] K. Putih, G. Djatiroto, P. T. Perkebunan, and A. Yunika, "Pengendalian Kualitas Proses Produksi Hasil Gula Berbasis Residual Model Multioutput Least Square Support Vector Regression (MLS-SVR)," vol. 12, no. 1, 2023.