

## **ANALISIS PERHITUNGAN KEBUTUHAN BELERANG DAN GAS SO<sub>2</sub> PADA ALAT TOWER SULFITASI NIRA KENTAL DENGAN KAPASITAS GILING 7800 TCD**

Amilatun Nur Rokhimah<sup>1</sup>, Sigit Hadianoro<sup>1</sup>, Duta Widya Nur Huda<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Malang, Jl. Soekarno Hatta No. 9, Malang 65141, Indonesia

<sup>2</sup>PT PG Kreet Baru II, Jl. Raya Kreet Bululawang No. 10, Malang 65171, Indonesia  
amilatunnurrokhimah25@gmail.com ; [sigit.hadianoro@polinema.ac.id]

### **ABSTRAK**

Proses sulfitasi pada pabrik gula merupakan salah satu kunci keberhasilan pabrik gula kristal putih untuk mencapai kualitas gula yang baik dengan mengendalikan kebutuhan belerang dan gas SO<sub>2</sub> pada proses *bleaching* di tower sulfitasi nira kental. Tower Sulfitasi nira kental berfungsi sebagai tempat mereaksikan antara nira dengan gas SO<sub>2</sub> dengan tambahan susu kapur sebagai bahan pemurni. Data-data yang dianalisis dari perhitungan didapatkan dari PG Kreet Baru II. Saat ini PG Kreet Baru II memiliki kapasitas giling 5500 TCD dengan menggunakan belerang sebanyak 55 kg/100ton tebu dan kebutuhan gas SO<sub>2</sub> sebanyak 2017 kg/hari. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk menghitung kebutuhan belerang dan gas SO<sub>2</sub> pada alat tower sulfitasi nira kental pada proses *bleaching* dengan kapasitas giling 7800 TCD sebagai pembanding jika kapasitas giling berbeda namun kapasitas alat yang sama dihasilkan berapa jumlah kebutuhan gas SO<sub>2</sub> dan belerang. Metode perhitungan yang digunakan yaitu pengumpulan data, reaksi proses sulfitasi, perhitungan manual menggunakan *Microsoft Excel*. Hasil perhitungan didapatkan kebutuhan belerang sebanyak 57 kg/100ton tebu dan kebutuhan gas SO<sub>2</sub> sebanyak 2942 kg/hari. Berdasarkan perhitungan tersebut kebutuhan belerang dan gas SO<sub>2</sub> pada kapasitas giling yang sama namun kapasitas alat sama tidak mengalami perubahan yang signifikan.

**Kata kunci:** *belerang, gas SO<sub>2</sub>, tower sulfitasi, nira kental*

### **ABSTRACT**

*The sulfitation process at the sugar factory is one of the keys to the success of the white crystal sugar factory in achieving good sugar quality by controlling the need for sulfur and SO<sub>2</sub> gas in the bleaching process in the thick sap sulfitation tower. Tower Sulphitation condensed sap serves as a place to react between sap and SO<sub>2</sub> gas with the addition of lime milk as a purifying agent. The data analyzed from the calculations were obtained from PG Kreet Baru II. Currently PG Kreet Baru II has a milling capacity of 5500 TCD using 55 kg sulfur/100 tons of sugar cane and a SO<sub>2</sub> gas requirement of 2017 kg/day. The purpose of this study was to calculate the sulfur and SO<sub>2</sub> gas requirements in a viscous sap sulfitation tower tool in the bleaching process with a milling capacity of 7800 TCD as a comparison if the milling capacity is different but the same equipment capacity is produced, how much the required amount of SO<sub>2</sub> gas and sulfur. The calculation method used is data collection, sulfitation process reactions, manual calculations using Microsoft Excel. The calculation results show that the need for sulfur is 57 kg/100 tons of sugarcane and the need for SO<sub>2</sub> gas is 2942 kg/day. Based on these calculations the need for sulfur and SO<sub>2</sub> gas at the same milling capacity but the capacity of the same equipment did not change significantly.*

**Keywords:** *sulfur, SO<sub>2</sub> gas, tower sulphitation, condensed sap*

## 1. PENDAHULUAN

Kebutuhan gula kristal putih (GKP) di Indonesia pada tahun 2022 mencapai  $\pm 3,21$  juta ton [1]. Salah satu pabrik gula kristal putih atau gula pasir yaitu Pabrik Gula Krebet Baru II. PG Krebet Baru II merupakan perusahaan agroindustri penghasil gula kristal putih dengan kualitas gula SHS (*Super High Sugar*) dengan kapasitas giling 5500 TCD (*Ton Cane Per Day*). Dalam menjalankan produksi gula selalu mengacu pada pencapaian standar mutu Gula Kristal Putih (GKP) oleh SNI yang ditetapkan oleh Badan Standarisasi Nasional Indonesia (BSNI) [2]. Mengontrol kualitas dilakukan disetiap proses produksinya. Pada saat ini PG Krebet Baru II ingin meningkatkan kapasitas giling produksi gula. Dengan adanya peningkatan kapasitas giling perlu adanya rekonstruksi proses pada setiap stasiun. Adapun tahapan proses pada pembuatan gula yaitu penggilingan, pemurnian, penguapan, kristalisasi atau masakan, putaran, dan pengemasan[3]. Salah satu kunci keberhasilan pabrik gula kristal putih untuk mencapai kualitas gula yang baik yaitu pada stasiun pemurnian dengan mengendalikan kebutuhan belerang dan gas  $SO_2$  pada proses *bleaching* di tower sulfitasi nira kental [4]. Dengan adanya perubahan kapasitas giling diperlukan nilai kebutuhan belerang dan gas  $SO_2$  pada kapasitas yang direncanakan yaitu pada kapasitas 7800 TCD namun kapasitas alat yang digunakan dalam proses *bleaching* tetap sama. Pada proses *bleaching* terjadi proses pemucatan nira kental dengan dilakukan *spray* pengontakan antara nira dan gas  $SO_2$  dimana dalam tower sulfitasi nira kental atau *bleaching tank* tidak terdapat pengadukan untuk menghomogenkan nira kental tidak seperti *bleaching tank* pada umumnya [5].

Proses sulfitasi terjadi di tower sulfitasi nira kental. Tower Sulfitasi nira kental berfungsi sebagai tempat mereaksikan antara nira dengan gas  $SO_2$  dengan tambahan susu kapur sebagai bahan pemurni [6]. Penambahan  $SO_2$  berfungsi untuk membentuk endapan yang akan mengikat kotoran yang melayang-layang dalam nira dan juga memberikan efek *bleaching* (pemucatan) pada nira sehingga menghasilkan nira yang lebih jernih [7]. Hal ini dipertegas oleh E Hugot pada bukunya yang berjudul HANDBOOK OF CANE SUGAR ENGINEERING bahwa salah satu metode terbaik untuk mendapatkan gula putih adalah dengan melanjutkan ke sulfitasi kedua, setelah penguapan yaitu dengan penambahan kapur dan belerang dioksida. Standar proses sulfitasi untuk menetralkan nira kental tergantung dari jumlah penambahan susu kapur sebanyak 2-2,5% dari berat nira kental, atau 0,3-0,4% dari kapur tohor [8]. Pada saat ini PG Krebet Baru II menggunakan belerang sebanyak 55kg/100ton tebu dan kebutuhan gas  $SO_2$  sebanyak 2017kg/hari. Jenis teknologi yang digunakan dalam proses pemurnian akan menentukan tingkat absorpsi komponen warna sehingga produknya lebih cerah dan bersih [9].

Pada saat ini belum ditemukan penelitian terdahulu yang melakukan analisis terkait topik perhitungan kebutuhan belerang dan gas  $SO_2$  atau perencanaan perancangan alat tower sulfitasi pada pabrik gula maupun pada industri bidang selain pabrik gula.

Pada penelitian ini memiliki tujuan untuk menghitung kebutuhan belerang dan gas  $SO_2$  pada alat tower sulfitasi nira kental pada proses *bleaching* dengan kapasitas giling 7800 TCD agar mengetahui perbandingan jumlah kebutuhan belerang dan gas  $SO_2$  pada kapasitas giling yang berbeda namun kapasitas tower sulfitasi yang di gunakan sama. Kapasitas pembanding yaitu kapasitas aktual sebesar 5500 TCD. Kapasitas giling 5500 TCD sebagai K1 sedangkan 7800 TCD sebagai K2. Metode perhitungan yang digunakan yaitu pengumpulan

data termasuk penetapan asumsi-asumsi terkait alat tower sulfur, reaksi proses sulfitasi, perhitungan manual menggunakan *Microsoft Excel*. Sampai saat ini tidak terdapat penelitian yang melakukan perhitungan belerang dan gas SO<sub>2</sub> pada alat tower sulfitasi nira kental pada proses *bleaching*. Sehingga dengan adanya penelitian ini Pabrik Gula Kreet Baru II dapat mengetahui nilai kebutuhan belerang dan gas SO<sub>2</sub> pada proses *bleaching* di stasiun pemurnian dengan kapasitas giling 7800 TCD.

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

### 2.1. Model Penelitian dan Teknik Pengumpulan Data

Metode penelitian yang dilakukan yaitu metode kuantitatif yang bertujuan untuk mengetahui nilai kebutuhan belerang dan gas SO<sub>2</sub> pada tower sulfitasi nira kental pada kapasitas giling 7800 TCD. Teknik pengumpulan data yang digunakan adalah pengambilan data dengan pengamatan secara langsung (observasi) dan studi literatur dengan menetapkan asumsi-asumsi terkait tower sulfitasi.

### 2.2. Data yang dibutuhkan

Berikut data perhitungan yang diperoleh dari industri:

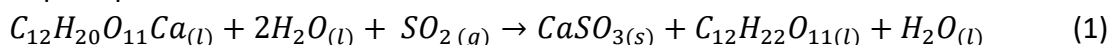
**Tabel 1.** Data tower sulfitasi

Komponen	Jumlah	Satuan
Kapasitas giling aktual	5500	TCD
Kapasitas giling trial	7800	TCD
Penurunan pH	6 – 5,4	
Kadar SO <sub>2</sub> (in)	12	%
Kadar SO <sub>2</sub> dalam CaSO <sub>3</sub> (out)	0,075	%
Kemurnian	99,9	%
Flow nira masuk	7956	m <sup>3</sup>
Densitas nira	1590	kg/m <sup>3</sup>
Mr C <sub>12</sub> H <sub>20</sub> O <sub>11</sub> Ca	380	g/mol

Sumber: PG Kreet Baru II

### 2.3. Metode Perhitungan

Perhitungan dilakukan berdasarkan stoikiometri reaksi pada proses sulfitasi. Reaksi ini terjadi antara gas SO<sub>2</sub> dengan nira *saccharate* atau nira terkapur. Berikut reaksi yang terjadi pada proses sulfitasi:



Pada reaksi proses diatas dilakukan perhitungan massa nira untuk memperoleh mol nira kental di tower sulfitasi. Pada perhitungan massa nira diasumsikan bahwa flow nira *saccharate* sama dengan flow nira masuk [11]. Sehingga untuk menghitung massa nira yaitu flow nira masuk dikalikan dengan densitas nira. Massa nira kental dihitung menggunakan cara:

$$Massa\ nira\ kental = Flow\ nira\ masuk \times Densitas\ nira \quad (2)$$

Dari nilai massa nira kental dapat dilanjutkan untuk mencari nilai mol nira dengan cara mengkalikan massa nira dengan massa molekul relatif nira *saccharate* / nira terkapur. Mol nira kental dihitung menggunakan cara:

$$Mol\ nira\ kental = \frac{Massa\ nira\ kental}{Mr\ C_{12}H_{20}O_{11}Ca} \quad (3)$$

Untuk penentuan neraca massa komponen dari reaksi proses sulfitasi pada  $C_{12}H_{22}O_{11}$  dan  $H_2O$  diasumsikan sama dengan 0 dikarenakan tidak terdapat kandungan gas  $SO_2$ . Penentuan persamaan neraca massa didapatkan dari literatur [12]. Persamaan neraca massa komponen dari persamaan (1) sebagai berikut:

$$A.Ax + B.Bx + C.Cx \rightarrow D.Dx + E.Ex + F.Fx \quad (4)$$

$$A.Ax + B.Bx + C.Cx \rightarrow P \quad (5)$$

Dari persamaan neraca massa komponen dihitung neraca massa total. Pada perhitungan neraca massa total ini data yang dibutuhkan yaitu massa nira  $H_2O$  dalam nira, massa  $SO_2$  dalam  $CaSO_3$  yang masuk tower sulfitasi, dan kadar  $CaSO_3$  yang keluar tower sulfitasi. Neraca massa total dapat dihitung menggunakan cara :

$$A + B + C = P \quad (6)$$

**Tabel 2.** Data untuk perhitungan neraca massa total

Variabel	Komponen
A	Massa nira
B	$H_2O$ dalam nira
C	Massa $SO_2$ dalam $CaSO_3$ (in)
P	Kadar $CaSO_3$ (out)

Pada Tabel 2, nilai massa nira diperoleh dari hasil perhitungan persamaan (2),  $H_2O$  dalam nira dihitung dari massa nira dikalikan kadar  $SO_2$  yaitu 12%, massa  $SO_2$  dalam  $CaSO_3$  (in) sebesar  $0,12C$  sedangkan kadar  $CaSO_3$  (out) yaitu  $0,00075P$  [13]. Dari perhitungan neraca massa total didapatkan 2 persamaan untuk disubstitusikan ke perhitungan selanjutnya :

$$0,12C = 0,00075P \quad (7)$$

$$C = 0,00625P \quad (8)$$

Untuk persamaan (7) disubstitusikan ke persamaan (6) hingga diperoleh nilai P. Nilai P dikalikan berat molekul  $CaSO_3$  hingga diperoleh nilai P(%). Substitusi nilai C ke persamaan neraca massa dilakukan untuk memperoleh kadar  $CaSO_3$  keluar tower. Menghitung kadar  $CaSO_3$  keluar tower dihitung menggunakan cara :

$$0,12 \times 0,00625P = 0,00075P \quad (9)$$

$$P = 21,81 \text{ mol} \times \text{berat molekul } CaSO_3 \quad (10)$$

$$\text{Kadar } CaSO_3 \text{ keluar tower} = P\% - \text{kadar } SO_2 \text{ dalam } CaSO_3 \text{ (out)} \quad (11)$$

Untuk hasil persamaan (8) disubstitusikan ke persamaan (7) untuk mendapatkan nilai massa  $SO_2$  di dalam  $CaSO_3$  yang masuk tower sulfitasi. Massa sulfur di dalam  $CaSO_3$  (in) dihitung menggunakan cara :

$$C = 0,00625 \times P \quad (12)$$

Dari hasil perhitungan massa sulfur di dalam  $CaSO_3$  yang masuk tower sulfitasi dapat dihitung kebutuhan belerang dalam (K2). Kebutuhan belerang dilakukan dengan menghitung massa sulfur di dalam  $CaSO_3$  terlebih dahulu dengan cara mengkalikan massa Sulfur di dalam  $CaSO_3$  yang masuk dan Mr  $SO_2$ . Kemudian dikalikan dengan kapasitas 7800. Massa sulfur di dalam  $CaSO_3$  dihitung menggunakan cara :

$$\text{Massa sulfur di dalam } CaSO_3 = \text{Massa } SO_2 \text{ dalam } CaSO_3 \text{ (in)} \times \text{Mr } SO_2 \quad (13)$$

$$\text{Massa sulfur dalam } CaSO_3 \text{ (K2)} = \text{Massa } SO_2 \text{ dalam } CaSO_3 \times 7800 \quad (14)$$

Selanjutnya dari massa sulfur di dalam  $\text{CaSO}_3$  dilakukan perhitungan kebutuhan sulfur secara teoritis dalam (K2) dalam sekali giling. Kebutuhan belerang dalam kapasitas 7800 TCD dihitung menggunakan cara:

$$\text{Kebutuhan sulfur} = \frac{\text{massa sulfur didalam CaSO}_3}{\text{kadar sulfur}} \quad (15)$$

Sedangkan kebutuhan gas  $\text{SO}_2$  dalam K2 dihitung jumlah belerang dalam nira kental terlebih dahulu dengan perbandingan nira mentah (nm): nira kental (nk) adalah 2:1.

$$\text{Belerang untuk nira mentah} = \left(\frac{2}{3} \times \frac{\text{kebutuhan belerang K2}}{100 \text{ ton}}\right) \times 100 \text{ ton} \quad (16)$$

$$\text{Belerang untuk nira kental} = \text{kebutuhan belerang K2} - \text{nm} \quad (17)$$

Selanjutnya dihitung jumlah gas  $\text{SO}_2$  tiap 100 ton tebu nira kental. Dari hasil tersebut dilakukan perhitungan Kebutuhan gas  $\text{SO}_2$  per hari dalam kapasitas 7800 TCD. Kebutuhan gas  $\text{SO}_2$  dalam kapasitas 7800 TCD dihitung menggunakan cara :

$$\text{Jumlah SO}_2 \text{ tiap 100ton tebu nk} = \text{belerang untuk nk} \times \frac{Mr \text{ SO}_2}{Mr \text{ S}} \quad (18)$$

$$\text{Kebutuhan gas SO}_2 \text{ tiap 100 ton tebu nk} \times 78 \text{ kg} \quad (19)$$

Sedangkan kebutuhan gas  $\text{SO}_2$  dalam K1 dihitung jumlah belerang dalam nira kental terlebih dahulu dengan perbandingan nira mentah : nira kental adalah 2:1. Dengan kebutuhan belerang yaitu 55 kg/100 ton tebu. Jumlah belerang dalam nira kental dihitung menggunakan cara:

$$\text{Belerang untuk nira mentah} = \left(\frac{2}{3} \times \frac{\text{kebutuhan belerang K1}}{100 \text{ ton}}\right) \times 100 \text{ ton} \quad (20)$$

$$\text{Belerang untuk nira kental} = \text{kebutuhan belerang 5500 TCD} - \text{nm} \quad (21)$$

Selanjutnya dihitung jumlah gas  $\text{SO}_2$  tiap 100 ton tebu nira kental. Dari hasil tersebut dilakukan perhitungan Kebutuhan gas  $\text{SO}_2$  per hari dalam kapasitas 5500 TCD. Kebutuhan gas  $\text{SO}_2$  dalam kapasitas 5500 TCD dihitung menggunakan cara :

$$\text{Jumlah SO}_2 \text{ tiap 100ton tebu nk} = \text{belerang untuk nk} \times \frac{Mr \text{ SO}_2}{Mr \text{ S}} \quad (22)$$

$$\text{Kebutuhan gas SO}_2 \text{ tiap 100 ton tebu nk} \times 55 \text{ kg} \quad (23)$$

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada proses sulfitasi nira kental yang merupakan proses *bleaching* di stasiun pemurnian PG Kreet Baru II terdapat alat yang disebut Tower Sulfitasi. Tower sulfitasi berfungsi sebagai tempat mereaksikan nira dengan gas  $\text{SO}_2$  [14]. Penambahan gas  $\text{SO}_2$  berfungsi untuk menurunkan pH menjadi 7-7,2 (mendekati netral), mengurangi viskositas nira untuk mempercepat pengendapan [15]. Selain itu berfungsi untuk memutihkan nira atau efek *bleaching* sehingga menghasilkan nira yang jernih [16]. Sedangkan proses sulfitasi menurut Muqidah (2013) mengatakan bahwa proses sulfitasi dilakukan terhadap nira tebu dengan penambahan kapur yang berlebih untuk dinetralkan dengan gas belerang dioksida ( $\text{SO}_2$ ), maka akan diperoleh garam kapur yang mudah mengendap [7].

**Tabel 3.** Data Hasil Perhitungan

Komponen	Jumlah	Satuan
Massa nira kental	12.650.040	kg
Mol nira kental	33.289.579	mol
Kadar $\text{CaSO}_3$ keluar tower	26	%
Massa $\text{SO}_2$ di dalam $\text{CaSO}_3$ (in)	0,136	mol
Massa sulfur di dalam $\text{CaSO}_3$	67891,2	kg
Kebutuhan sulfur K2	56,58	kg/100ton tebu

Belarang untuk nm K2	37,72	kg
Belarang untuk nk K2	18,86	kg
Jumlah gas SO <sub>2</sub> tiap 100ton tebu nk	37,72	kg
Kebutuhan gas SO <sub>2</sub> K2	2942	kg/hari
Belarang untuk nm K1	36,67	kg
Belarang untuk nk K1	18,33	kg
Kebutuhan gas SO <sub>2</sub> K1	2017	kg/hari

Dari hasil perhitungan didapatkan kebutuhan gas SO<sub>2</sub> pada kapasitas 7800 TCD sebanyak 2942 kg/hari artinya tiap ton membutuhkan gas SO<sub>2</sub> untuk mensulfitasi nira kental pada tower sulfitasi sebanyak 0,377 kg/hari sedangkan pada kapasitas 5500 TCD sebanyak 2017 kg/hari artinya tiap ton membutuhkan gas SO<sub>2</sub> untuk mensulfitir nira kental pada tower sulfitasi sebanyak 0,366 kg/hari. Selisih dari perhitungan tersebut tidak terlalu besar yaitu sebesar 3%. Kebutuhan belarang untuk nira kental pada proses sulfitasi yang didapatkan antara kapasitas giling 7800 TCD dan 5500 TCD terdapat selisih hanya 2,8% yang artinya meskipun kapasitas giling berbeda namun kapasitas alat sama tidak menyebabkan kebutuhan belarang mengalami perubahan secara signifikan. Hal ini menyebabkan kebutuhan gas SO<sub>2</sub> pada kapasitas 7800 TCD dan 5500 TCD selisih yang didapatkan relatif kecil. Hasil dari penelitian ini yaitu nilai kebutuhan belarang dan gas SO<sub>2</sub> yang direkomendasikan serta diperlukan PG Krebet Baru II untuk dianalisis lebih lanjut pada perancangan keseluruhan pada setiap proses.

#### 4. KESIMPULAN DAN SARAN

Pada hasil perhitungan didapatkan jumlah kebutuhan belarang dan gas SO<sub>2</sub> pada kapasitas 7800 masing-masing adalah 56,58 kg/100 ton tebu dan 2942 kg/hari sedangkan kapasitas aktual atau 5500 TCD membutuhkan 55 kg/100 ton tebu serta kebutuhan gas SO<sub>2</sub> sebanyak 2017 kg/hari. Sehingga dapat disimpulkan bahwa kebutuhan belarang dan gas SO<sub>2</sub> pada proses *bleaching* di stasiun pemurnian PG Krebet Baru II meskipun kapasitas giling berbeda namun kapasitas alat sama tidak menyebabkan kebutuhan belarang dan gas SO<sub>2</sub> mengalami perbedaan secara signifikan. Berdasarkan penelitian ini diharapkan pada penelitian selanjutnya dilakukan perbandingan perhitungan kebutuhan belarang dan gas SO<sub>2</sub> pada kapasitas alat tower sulfitasi yang berbeda dengan kapasitas giling sama sehingga dapat menyimpulkan efisiensi alat tower sulfitasi terhadap kebutuhan belarang dan gas SO<sub>2</sub>.

#### REFERENSI

- [1] Kementerian Perindustrian RI, "Tekan Gap Kebutuhan Gula Konsumsi, Kemenperin: Produksi Terus Digenjot," *Tekan Gap Kebutuhan Gula Konsumsi, Kemenperin Produksi Terus Digenjot*, 2022.
- [2] F. Destiara, H. Putri, Y. Maryanty, A. A. Widodo, and P. G. Jatiroto, "Analisis Alat Defekator Pada Stasiun Pemurnian Pabrik Gula Jatiroto Dengan Kapasitas Giling 7000 Tcd," *Distilat J. Teknol. Separasi*, vol. 8, no. 3, pp. 444–450, 2022, doi: 10.33795/distilat.v8i3.403.2022.
- [3] M. D. Alwy, "Pengenalan Alat & Proses Pengolahan Gula di PT. Perkebunan Nusantara XIV (Persero) PG. Camming," 2021.
- [4] R. Prihandana and H. R. Hermawan, *Dari Pabrik Gula Menuju Industri Berbasis Tebu*.

- Yogyakarta: Perpustakaan LPP Yogyakarta, 2006.
- [5] S. N. Sya'adah and A. C. K. Fitri, "Rancang Alat Bleaching Tank Pada Proses Pembuatan Kertas Dari Ampas Tebu Dengan Kapasitas 18.000 Ton/Tahun," *Sentikuin Tek.*, vol. 4, pp. 1–9, 2021.
  - [6] M. Handayani and A. Rizky, "Praktik Kerja Industri PT. Rajawali Nusantara Indonesia PG. Kreet Baru II dengan Tugas Khusus : Perhitungan Kebutuhan Luas Pemanas Juice 2022.
  - [7] Muqidah, "Proses Pembuatan Gula," *Proses Pembuatan Gula*, 2013, [Online]. Available: <http://pik-puucho.blogspot.com/2013/12/proses-pembuatan-gula.html>
  - [8] E. HUGOT, *Hand Book of Cane Sugar Engineering*, 3rd Revise. Amsterdam, The Netherlands: Elsevier Science Publishers, 1986.
  - [9] B. A. Kurniawan Y., "Potret Kualitas Gula Kristal Putih dan Upaya Peningkatan Menuju SNI GKP Dalam Mengantisipasi SNI Gula Kristal Putih :Masalah dan Solusi Peningkatan Kualitas Gula," *Peningkatan Mutu Prod. Gula Kristal Putih*, 2009.
  - [10] Q. Laili, "Perencanaan Dan Pengendalian Proses Pada Stasiun Pemurnian Untuk Menunjang Kualitas Gula PG Tasikmadu Karanganyar," Yogyakarta, 2009.
  - [11] D. Q. Kern, *PROCESS HEAT TRANSFER*, 21st print., vol. 21. New York, 1965.
  - [12] D. M. Himmelblau and J. B. Riggs, *Basic Principles and Calculations in Chemical Engineering*, 5th ed. New Jersey: PTR Prentice Hall inc, 1989.
  - [13] P. Honig, *Principles of Sugar Technology*. New York: Elsevier Science, 1983.
  - [14] E. Kurniasih, Pardi, and Raudah, *Teaching Factory*, First. Yogyakarta: Penerbit ANDI, 2020.
  - [15] P. Suryadarma and S. Raharja, "Proses Pemurnian Nira dengan Kemurnian Gula yang Tinggi," *Sci. Repos.*, 2007.
  - [16] D. S. Perwitasari, "Phospat Acid And Flocculan Added in Juice Sugar Crystal Process *J. Tek. Kim. dan Lingkung.*, vol. 4, p. 320, 2010.