

# ANALISIS ALAT DEFEKTOR PADA STASIUN PEMURNIAN PABRIK GULA JATIROTO DENGAN KAPASITAS GILING 7000 TCD

Farida Destiara Harinda Putri<sup>1</sup>, Yanty Maryanty<sup>1</sup>, Arwan Agustulus Widodo<sup>2</sup>

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

<sup>2</sup> Pabrik Gula Jatiroto, Jl. Ranupakis No. 1, Kabupaten Lumajang 67355, Indonesia

faridadestiara41@gmail.com ; [yantymaryanty@polinema.ac.id]

## ABSTRAK

Pabrik Gula Jatiroto merupakan salah pabrik gula penghasil gula kristal putih dengan kapasitas giling 7000 TCD (*Ton Cane per Day*). Kualitas produk gula yang dihasilkan yaitu harus memenuhi standar yang mengacu pada SNI yang dikeluarkan oleh BSN. Salah satu faktor keberhasilan untuk mencapai kualitas gula yang baik dengan mengendalikan pembentukan gula reduksi pada alat defektor di stasiun pemurnian dengan acuan pada waktu tinggal. Saat ini alat defektor yang terpasang pada Pabrik Gula Jatiroto memiliki waktu tinggal kurang dari 1 menit yaitu 0,77 menit yang tergolong sudah baik. Akan tetapi sempat terjadi pembentukan gula reduksi sehingga, perlu dilakukan pembaharuan analisis perhitungan alat defektor. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk menganalisis waktu tinggal dan kebutuhan penguat alat defektor yang terpasang pada Pabrik Gula Jatiroto sudah sesuai standard industri. Alat defektor dianalisis dengan melakukan perhitungan manual dengan *Microsoft excel* dengan memperhatikan beberapa parameter yang berpengaruh pada waktu tinggal alat defektor antara lain, tinggi total bejana (H), diameter bejana (Dt), dan diameter *impeller* (Da). Hasil perhitungan didapatkan nilai tinggi total bejana (H) yaitu 10,47 ft, diameter bejana (Dt) yaitu 71,06 inci, diameter *impeller* (Da) 23,45 inci, dan waktu tinggal 0,44 menit. Berdasarkan hasil perhitungan waktu tinggal dan kebutuhan penguat alat defektor dapat dianggap baik dan alat defektor tidak memerlukan penguat.

**Kata kunci:** defektor, gula kristal, perancangan alat

## ABSTRACT

Jatiroto Sugar Factory is a sugar factory that produces white crystal sugar with a milling capacity of 7000 TCD (Ton Cane per Day). The quality of the sugar products produced must meet the standards that refer to the SNI issued by BSN. One of the success factors for achieving good sugar quality is by controlling the formation of reducing sugar in the defector at the purification station with reference to residence time. Currently, the defector installed at the Jatiroto Sugar Factory has a residence time of less than 1 minute, which is 0.77 minutes, which is considered good. However, there was the formation of reducing sugars so that it was necessary to update the analysis of the defector calculation tool. The purpose of this study is to analyze the residence time and the need for reinforcement of the defector device installed at the Jatiroto Sugar Factory according to industry standards. The defector device was analyzed by performing manual calculations using Microsoft Excel by taking into account several parameters that affect the residence time of the defector device, including the total vessel height (H), vessel diameter (Dt), and impeller diameter (Da). The results of the calculation show that the total height of the vessel (H) is 10.47 ft, the diameter of the vessel (Dt) is 71.06 inches, the impeller diameter (Da) is 23.45 inches, and the residence time is 0.44 minutes. Based on the calculation of residence time and the need for reinforcement, the deflector device can be considered good and the deflector device does not require reinforcement.

**Keywords:** defecator, crystal sugar, tool design

## 1. PENDAHULUAN

Hingga saat ini kebutuhan gula di Indonesia mencapai 5,7 juta ton pada tahun 2017 [1]. Salah satu pabrik penghasil gula di Indonesia yaitu Pabrik Gula Jatiroto. Pabrik Gula Jatiroto merupakan pabrik gula penghasil gula kristal putih dengan kapasitas giling 7000 TCD. Adapun tahapan proses dalam pembuatan gula kristal putih pada Pabrik Gula Jatiroto yaitu gilingan, pemurnian, penguapan, masakan dan putaran, *packaging*. Kualitas gula kristal putih yang dihasilkan harus sesuai dengan standard nasional yang ditetapkan. Standar kualitas gula kristal putih mengacu pada SNI yang dikeluarkan oleh BSN. Salah satu faktor keberhasilan dalam memproduksi gula kristal putih yaitu dengan mengendalikan pembentukan gula reduksi pada stasiun pemurnian. Proses pemurnian adalah proses untuk menghilangkan kotoran dan unsur bukan gula pada nira dengan cara menekan kerusakan sukrosa dan monosakarida seminimal mungkin agar tidak terjadi gula reduksi [2]. Adapun reaksi pembentukan gula reduksi dari sukrosa adalah sebagai berikut [3] :



Peran alat defekator adalah untuk mereaksikan susu kapur dan asam fosfat. Untuk menghambat terjadinya pembentukan gula reduksi maka waktu tinggal reaksi antara susu kapur dan asam fosfat yang terjadi di alat defekator pada stasiun pemurnian harus kurang dari 1 menit karena apabila waktu tinggal lebih dari 1 menit maka pH akan terus meningkat dan mengakibatkan gula tereduksi sehingga terbentuk zat warna yang mengakibatkan gula berwarna merah [4]. Rentang pH yang diharapkan yaitu antar 8,5 – 8,8 untuk menghasilkan gula dengan kualitas yang baik. Waktu tinggal pada alat defekator dipengaruhi oleh beberapa factor yaitu tinggi total bejana, diameter bejana, dan diameter *impeller*. Tinggi total bejana dan diameter bejana didapatkan dengan melakukan perhitungan dimensi bejana, sedangkan diameter *impeller* didapatkan dengan melakukan perhitungan agitator. Selain itu, kebutuhan penguat juga harus diperhatikan dengan melakukan perhitungan *hole and reinforcement*. Perhitungan *hole and reinforcement* dilakukan untuk memastikan apakah alat defekator memerlukan penguat atau tidak memerlukan penguat.

Berdasarkan penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Juliansyah (2013) yaitu dilakukan perhitungan alat pada alat defekator di Pabrik Gula Madubarau [5]. Penelitian Juliansyah menggunakan metode TRIZ (*Theory of Inventive Problem Solving*) untuk menghasilkan desain defekator sebagai pengendali pH pada stasiun pemurnian. Sedangkan pada penelitian kali ini hanya menganalisis pada waktu tinggal alat defekator dengan metode perhitungan manual menggunakan *Microsoft excel*. Kekurangan dari penelitian sebelumnya yaitu efektivitas alat yang masih rendah.

Pada penelitian kali ini dilakukan analisis perhitungan ulang terhadap alat defekator yang terdapat pada stasiun pemurnian di Pabrik Gula Jatiroto. Tujuan dari analisis perhitungan ulang alat defekator yaitu untuk mengetahui apakah alat defekator yang terpasang pada Pabrik Gula Jatiroto sudah memenuhi standar yang ditentukan dengan waktu tinggal kurang dari 1 menit tanpa menghasilkan gula reduksi, serta untuk mengetahui apakah alat defekator yang terpasang memerlukan penguat atau tidak. Karena saat ini diketahui bahwa alat defekator yang terpasang belum memiliki penguat.

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

Untuk perhitungan perancangan alat defekator pada pabrik gula Jatiroto menggunakan metode perhitungan perancangan alat pada buku *Process Equipment Design* [6].

## 2.1. Perhitungan Dimensi Bejana

Berikut persamaan dalam menghitung dimensi bejana :

- Volume Total Bejana

$$VT = 0,7 \times VL \quad (2)$$

Dimana VT adalah volume total bejana dan VL adalah volume *liquid*

- Volume Ruang Kosong

$$VRK = VT - VL \quad (3)$$

Dimana VRK adalah volume ruang kosong bejana

- Tinggi Bejana Tanpa Tutup

$$VT = \frac{\pi \times d^3}{(24 + \operatorname{tg}(0,5 \alpha))} + \frac{\pi \times d^2 \times Ls}{4} \quad (4)$$

Dimana d adalah diameter bejana dan Ls adalah tinggi bejana tanpa tutup

- Tinggi Tutup Bawah Bejana

$$Hb = \frac{0,5d}{\operatorname{tg}(0,5\alpha)} \quad (5)$$

Dimana Hb adalah tinggi tutup bawah bejana dan  $\alpha$  adalah besar sudut tutup bawah bejana

- Tinggi Total Bejana

$$H = Ha + Hb + Ls \quad (6)$$

Dimana H adalah tinggi total bejana dan Ha adalah tinggi tutup atas bejana

- Diameter input dan Diameter output

$$Do = di + (2 \times ts) \quad (7)$$

Dimana Do adalah *diameter output*, di adalah *diameter input*, dan ts adalah tebal silinder

$$Di \text{ baru} = do \text{ standar} - (2 \times ts) \quad (8)$$

Dimana do standar adalah nilai diameter setelah distandarkan

## 2.2. Perhitungan Hole and Reinforcement

Berikut persamaan dalam menghitung *hole and reinforcement* :

Nozzle

$$Di \text{ optimal} = 3,9 \times Q^{0,45} \times \rho^{0,13} \quad (9)$$

Dimana Q adalah laju alir dan  $\rho$  adalah densitas liquid

Untuk mengetahui nilai Diameter *outside* (E), Lebar *flange* (A), Tebal *Flange* (T), dan Tinggi *Nozzle* (L) dan K maka dapat dilihat pada tabel 12.2 halaman 221 buku *Process Equipment Design*. Kemudian mengecek nilai *Reynold Number* dengan persamaan:

$$NRe = D \times v \times \rho \mu \quad (10)$$

Dimana NRe adalah *Reynold Number*, v adalah laju alir liquid,  $\rho$  adalah densitas liquid, dan  $\mu$  adalah viskositas liquid

Pengecekan pengelasan dapat dihitung dengan persamaan :

$$two \text{ min} = 0,5 \text{ tmin} \quad (11)$$

Dimana two min adalah nilai terkecil tebal pengelasan bagian luar

$$twi \text{ min} = 0,7 \text{ tmin} \quad (12)$$

Dimana twi adalah nilai terkecil tebal pengelasan bagian dalam

Pengelasan memadai jika:

$$two > two \text{ min}$$

$$twi > twi \text{ min}$$

Pengecekan Kebutuhan *Reinforcement*:

Sebelum diberi penguat

$$tr_s = \frac{P_i \times d_i}{2(fE - 0,6P_i)} \quad (13)$$

$$tr_n = \frac{P_i \times d_n}{2(fE - 0,6P_i)} \quad (14)$$

$A =$

$$tr_s \times d_n \quad (15)$$

$$A1 = (tr_s - tr_s) \times d_n \quad (16)$$

$$A2 = 2[(tn - tr_n) \times (2,25tn + tp)] \quad (17)$$

Jika  $A > A1 + A2$  maka memerlukan penguat

Jika  $A < A1 + A2$  maka tidak memerlukan penguat

## 2.2 Agitator

Berikut persamaan dalam menghitung *agitator* :

**Tabel 1.** Geometric proportions "standard" agitator system

| Da/Dt =   | H/Dt | C/Dt | W/Da | Dd/Da | L/Da | J/Dt |
|-----------|------|------|------|-------|------|------|
| 0.3 – 0.5 | 1    | 1/3  | 1/5  | 2/3   | 1/4  | 1/12 |

Menghitung jarak *baffle* ke dinding bejana (*Gap*)

$$Gap = 0,1 - 0,15J \quad (18)$$

Dimana J adalah lebar *baffle* sisi dinding bejana

Menghitung *Reynold Number*

$$NRe = \frac{n \times d^2 \times \rho}{\mu} \quad (19)$$

Menghitung Waktu Pencampuran

$$\theta = ntr \times \left(\frac{Da}{Dt}\right)^2 \times \left(\frac{Dt}{H}\right)^{0,5} \times \left(\frac{g}{n^2 \times Da}\right)^{\left(\frac{1}{6}\right)} \quad (20)$$

Dimana  $\theta$  adalah waktu tinggal dan g adalah percepatan gravitasi (9,8 m/s<sup>2</sup>)

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1 Hasil

Hasil dari perhitungan alat defektor yaitu sebagai berikut :

**Tabel 2.** Hasil Perhitungan Dimensi Bejana

| No | Dimensi Bejana            | Hasil                  | Standard Industri      |
|----|---------------------------|------------------------|------------------------|
| 1  | Volume Total Bejana (VT)  | 194,34 ft <sup>3</sup> | 135,96 ft <sup>3</sup> |
| 2  | Volume Ruang Kosong (VRK) | 58,30 ft               | -                      |
| 3  | Tinggi Bejana (Ls)        | 7,75 ft                | -                      |
| 4  | Tinggi Tutup Bawah (hb)   | 1,62 ft                | -                      |
| 5  | Tinggi Total Bejana (H)   | 10,47 ft               | 5,74 ft                |
| 6  | Diameter output standar   | 72 inci                | -                      |
| 7  | Diameter input            | 71,06 inci             | 67,71 inci             |

**Tabel 3.** Hasil Perhitungan Dimensi *Nozzle*

| No. | Dimensi <i>Nozzle</i> | Hasil       |
|-----|-----------------------|-------------|
| 1   | Diameter Optimal      | 11,23inci   |
| 2   | Diameter Output (E)   | 14 3/8 inci |
| 3   | Lebar <i>Flange</i>   | 19 inci     |
| 4   | Tebal <i>Flange</i>   | 1 ¼ inci    |
| 5   | Tinggi <i>Nozzle</i>  | 4 ½ inci    |
| 6   | K                     | 12,75 inci  |

**Tabel 4.** Hasil Perhitungan Reinforcement

| No. | Dimensi <i>Nozzle</i>  | Hasil                  |
|-----|------------------------|------------------------|
| 1   | Sebelum diberi penguat |                        |
|     | Trs                    | 0,04 inci              |
|     | Trn                    | 0,007 inci             |
| 2   | Menghitung A           |                        |
|     | A                      | 0,49 inci <sup>2</sup> |
|     | A1                     | 5,17 inci <sup>2</sup> |
|     | A2                     | 0,88 inci <sup>2</sup> |

**Tabel 5.** Hasil Perhitungan Agitator

| No | Dimensi Agitator                            | Hasil      | Standard Industri |
|----|---|------------|-------------------|
| 1  | Diameter tangki (Dt)                        | 71,06inci  | 67,71 inci        |
| 2  | Diameter <i>center tube</i> (Ct)            | 47,37 inci | 45,67 inci        |
| 3  | Diameter impeller (Da)                      | 23,45inci  | 20,47 inci        |
| 4  | Lebar <i>impeller</i> (W)                   | 4,69 inci  | 3,94 inci         |
| 5  | Lebar <i>impeller blade</i> (L)             | 5,86 inci  | 5,12 inci         |
| 6  | Lebar <i>baffle</i> (J)                     | 5,92inci   | 6,29 inci         |
| 7  | Jarak <i>impeller</i> dari vessel (C)       | 23,69inci  | 22,55 inci        |
| 8  | Jarak <i>baffle</i> ke dinding bejana (Gap) | 0,77inci   | 1,96 inci         |
| 9  | Menghitung <i>Reynold Number</i> (Nre)      | 95.131,09  | 154.324,26        |

### 3.2 Pembahasan

Analisis perhitungan alat defekator menggunakan metode perhitungan alat manual dengan desain bejana berbentuk silinder tegak dengan tutup atas terbuka dan tutup bawah berbentuk *standard dish*. Bahan yang digunakan yaitu bejana dengan tipe SA 240 Grade A. Berdasarkan hasil perhitungan alat defekator pada Pabrik Gula Jatiroto, dapat dilihat pada Tabel 2 nilai volume total defekator yang dibutuhkan yaitu sebesar 194,3417 ft<sup>3</sup>. Dari perhitungan volume total kemudian didapatkan nilai diameter tangki (Dt) yaitu 71,06 inci. Dari nilai diameter tangki kemudian didapatkan nilai tinggi bejana dan tinggi tutup bawah bejana. Alat defekator yang terpasang pada Pabrik Gula Jatiroto termasuk kedalam bejana terbuka sehingga untuk menghitung tinggi total bejana tidak perlu menghitung tinggi tutup atas bejana. Dengan nilai total tinggi bejana (H) adalah 10,47 ft. Tinggi total bejana dapat berpengaruh terhadap lamanya waktu tinggal pada alat defekator. Semakin kecil nilai tinggi total bejana maka waktu tinggal akan semakin tinggi.

Tahap berikutnya yaitu dilakukan perhitungan kebutuhan penguat nozzle dengan hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 3. Nozzle adalah sebuah lubang yang berfungsi sebagai tempat keluar masuknya bahan dan produk. Dari perhitungan nozzle akan diketahui apakah alat defekator yang terpasang pada pabrik Gula Jatiroto memerlukan

penguat atau tidak. Perhitungan nozzle dipengaruhi oleh nilai laju alir, densitas liquid, dan viskositas liquid [7]. Perhitungan nozzle dapat dilakukan dengan cara melihat pada tabel *Standard 150-lb steel welding neck flanges* (168) [6]. Dari hasil perhitungan dapat dilihat hasil pada tabel 2 bahwa nilai A lebih kecil dibandingkan dengan jumlah nilai A1 dan A2. Maka, alat defektor yang terpasang pada Pabrik Gula Jatiroto tidak memerlukan penguat.

Selanjutnya yaitu hasil perhitungan agitator dapat dilihat pada Tabel 4 dan didapatkan nilai diameter pengaduk (Da) yaitu 23,45 inci dengan lebar *impeller* 4,69 inci, sedangkan untuk lebar *baffle* sebesar 5,92 inci dengan jarak bejana ke *baffle* sebesar 0,77 inci. Desain *impeller* yang digunakan yaitu jenis *propeller*, hal ini dikarenakan kecepatan pengadukan dalam tangki tinggi, viskositas *liquid* rendah, serta pengaduk mencampurkan bahan secara sempurna dan tidak menimbulkan endapan. Apabila proses pengadukan berjalan sempurna maka waktu tinggal juga akan semakin cepat. Setelah didapatkan nilai tinggi total tangki, diameter tangki, dan *impeller* maka waktu tinggal dapat dihitung menggunakan persamaan rumus pada sub bab 2.2 poin 20 dan diperoleh hasil sebesar 0,44 menit. Waktu tinggal yang diperoleh sudah memenuhi target yang diinginkan yaitu dengan pencapaian kurang dari 1 menit sehingga daya yang dibutuhkan alat juga semakin kecil. Maka dari itu, analisis perhitungan ulang alat defektor dinilai lebih baik dari perhitungan teori dari industri dengan waktu tinggal sebesar 0,7 menit menjadi 0,44 menit akan tetapi harus dilakukan uji coba terlebih dahulu untuk memastikan apakah perhitungan ulang alat defektor dengan waktu tinggal 0,44 menit mampu mencapai kualitas gula yang diinginkan dengan tidak menghasilkan gula reduksi.

#### 4. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil analisis perhitungan ulang alat defektor dapat disimpulkan bahwa perhitungan ini lebih baik dari perhitungan dari industri karena didapatkan hasil perhitungan nilai tinggi total bejana (H) yaitu 10,47 ft, diameter bejana (Dt) yaitu 71,06 inci, diameter *impeller* (Da) 23,45 inci, dan menghasilkan waktu tinggal kurang dari 1 menit yaitu selama 0,44 menit. Nilai tersebut dianggap lebih baik dibandingkan dengan perhitungan dari industri yaitu selama 0,7 menit. Serta alat yang terpasang juga tidak memerlukan penguat karena nilai  $A < A1 + A2$ . Saran untuk penelitian berikutnya yaitu analisis perhitungan ulang menggunakan *software* khusus seperti *Autocad* untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat.

#### REFERENSI

- [1] R. Trisno and J. Binangun, "Analisis Perancangan Sebuah Evaporator Jenis Shell And Tube Bagi Sistem Pengkondisian Udara," *Rekayasa Teknol.*, pp. 41–44, 2011, [Online]. Available: <http://journal.uhamka.ac.id/index.php/rektek/article/download/110/86>.
- [2] H. S. Pratama and A. K. Garside, "Peningkatan Mutu Gula dengan Metode DRK (Defekasi-Remelt-Karbonatasi) Pada Proyek Revitalisasi Pabrik Gula Asembagus di Situbondo," *Semin. Keinsinyuran*, vol. 2797–1775, pp. 33–39, 2021, [Online]. Available: <http://research-report.umm.ac.id/index.php/SKPSPPI/article/view/4179/4065>.
- [3] Suwarno, R. D. Ratnani, and I. Hartati, "Proses Pembuatan Gula Invert Dari Sukrosa Dengan Katalis Asam Sitrat, Asam Tartrat Dan Asam Klorida," *J. Momentum*, vol. 11, no. 2, pp. 41–47, 2015.
- [4] W. F. Haloho and W. H. Susanto, "Pengaruh Penambahan Larutan Susu Kapur Dan Stpp

- ( Sodium Tripolyphospat ) Terhadap Kualitas Gula Kelapa ( Cocos nucifera L ) Effect the Addition of Lime and Sodium Tripolyphospate ( STPP ) to Quality Palm Sugar,” vol. 3, no. 3, pp. 1160–1170, 2015.
- [5] Juliansyah, “Pengumpulan dan Pengolahan Data Desain Alat PT. Madubaru,” pp. 37–71, 2013, [Online]. Available: [https://dspace.uui.ac.id/bitstream/handle/123456789/8152/05.4 bab 4.pdf?sequence=8&isAllowed=y](https://dspace.uui.ac.id/bitstream/handle/123456789/8152/05.4%20bab%204.pdf?sequence=8&isAllowed=y).
- [6] E. H. Brownell, L.E. and Young, “Process Equipment Design.” 1979.
- [7] D. Primalasita and K. Sa’diyah, “Perancangan Tangki Penyimpanan Nitrogen Kapasitas 0,0074 m<sup>3</sup> pada Prarancangan Pabrik Kimia Asap Cair,” *J. Distilat*, vol. 8, no. 9, pp. 1–10, 2021, [Online]. Available: <https://dokumen.tips/documents/perancangan-tangki-penyimpanan.html>.