

EVALUASI PERHITUNGAN KAPASITAS PRODUKSI EFEKTIF MESIN MASAKAN DAN PUTARAN DI PG. KREBET BARU II MALANG

Jadzlan Ramadhan Dwiputra¹, Listiyana Candra Dewi¹, Duta Widya Nur²

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

²PT PG Rajawali Nusantara Indonesia, PG Kreet Baru I, Jl. Raya Kreet No.10, Kec. Bululawang,
Kabupaten Malang, Jawa Timur 65172, Indonesia
ramadhanjadzlan@gmail.com; [listiyana.candra@polinema.ac.id]

ABSTRAK

Industri perkebunan di Indonesia, khususnya pabrik gula, memiliki peranan penting dalam perekonomian Indonesia. Tingginya kebutuhan gula nasional mendorong perusahaan produsen gula seperti PG. Kreet Baru II untuk selalu mengoptimalkan proses produksi. Penggunaan mesin yang melebihi kapasitasnya dapat menyebabkan ketidakberhasilan proses pabrikasi sehingga evaluasi atas kapasitas efisien mesin perlu dilakukan. Kondisi optimal terjadi jika kapasitas aktual lebih kecil atau sama dengan kapasitas efektif. Kualitas produk dan performa mesin akan berkurang seiring berjalannya waktu ketika mesin bekerja tidak pada kondisi optimal. Kendala performa tersebut, utamanya pada stasiun masakan dan putaran yang sistem kerjanya berlangsung secara berkesinambungan dapat mengganggu proses produksi secara keseluruhan sehingga diperlukan proses evaluasi. Proses evaluasi dilakukan dengan perolehan data aktual secara observasi langsung yang melibatkan nilai volume, luas permukaan, massa input, dan volume output dari setiap mesin. Data tersebut digunakan untuk proses perhitungan data penunjang sehingga diperoleh nilai masing-masing kapasitas mesin produksi. Hasil evaluasi menunjukkan kapasitas efektif kedua stasiun sudah memenuhi kapasitas aktual proses sehingga peningkatan kapasitas tidak diperlukan.

Kata kunci: kapasitas aktual, kapasitas efektif, stasiun masakan, stasiun putaran

ABSTRACT

The plantation industry in Indonesia, especially sugar factories, plays an important role in the Indonesian economy. The high demand for national sugar encourages sugar producing companies such as PG. Kreet Baru II to always optimize the production process. The use of machines that exceed their capacity can cause the failure of the manufacturing process so that an evaluation of the efficient capacity of the machine needs to be carried out. Optimal conditions occur if the actual capacity is less than or equal to the effective capacity. Product quality and machine performance will decline over time when the machine is not operating optimally. These performance constraints, particularly at cooking stations and rotating systems where continuous operation occurs, can disrupt the overall production process, necessitating an evaluation process. The evaluation process was conducted by obtaining actual data through direct observation involving the volume, surface area, input mass, and output volume of each machine. This data was used to calculate maintenance data to obtain the value of each production machine's capacity. The evaluation results showed that the effective capacity of both stations had met the actual process capacity, so that capacity increases were not necessary.

Keywords: actual capacity, effective capacity, cooking station, rotation station

1. PENDAHULUAN

Industri perkebunan Indonesia memiliki peranan penting dalam kegiatan perekonomian nasional. Salah satu hasil perkebunan yang tidak bisa dipisahkan dari kehidupan masyarakat adalah tanaman tebu yang dapat diolah menjadi produk gula. Pada tahun 2023, Indonesia telah menghasilkan lebih dari 800 ribu ton tanaman tebu untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri [1]. Terdapat lima provinsi produsen unggul perkebunan gula di Indonesia, provinsi-provinsi tersebut meliputi Jawa Timur, Jawa Tengah, Lampung, DIY Yogyakarta, dan Jawa Barat. Peringkat pertama dalam kontribusi penghasil tebu adalah Provinsi Jawa Timur yang telah menyumbang lebih dari 60% dari total hasil gula di Indonesia [2]. Di sisi lain, kebutuhan akan konsumsi gula di Indonesia terus mengalami perubahan seiring berjalannya waktu. Kebutuhan tersebut sudah mencapai angka 2 juta ton pada tahun 2021 [3]. Seiring bertambahnya permintaan konsumen, industri produsen gulapun ikut mengalami perkembangan untuk memenuhi tuntutan tersebut [4].

Dalam proses pemenuhan kebutuhan gula yang terus meningkat, diperlukan suatu kajian untuk memastikan efektifitas proses pabrikasi. Efektifitas tersebut dapat dipengaruhi oleh performa mesin, kualitas bahan baku, dan mesin penunjang yang mendukung. Penurunan kemampuan produksi mesin dapat mengakibatkan terhambatnya proses operasi produksi. Penurunan tersebut dapat disebabkan oleh pengoperasian mesin yang melebihi dari kapasitas produksinya sehingga performa mesin akan menurun seiring berjalannya waktu dan menyebabkan hasil produk gula yang diperoleh tidak maksimal [5]. Kapasitas produksi sendiri merupakan jumlah produk atau hasil maksimum yang mampu diproduksi suatu fasilitas salah satunya mesin produksi dalam kurun waktu tertentu. Kapasitas produksi dapat dibedakan menjadi tiga yakni kapasitas desain, kapasitas efektif, dan kapasitas aktual. Hasil maksimum yang dapat diproduksi dalam keadaan ideal tanpa adanya gangguan disebut dengan kapasitas desain. Di sisi lain, kapasitas efektif didefinisikan sebagai tingkat produksi maksimum pada tingkat operasi tertentu yang pada umumnya akan lebih rendah dibandingkan dengan kapasitas desain. Adapun kapasitas aktual merupakan hasil produksi nyata yang dapat dihasilkan sehingga diusahakan sama namun tidak lebih besar dari kapasitas efektif [6].

PG. Kreet Baru II Malang merupakan salah satu pabrik gula di Jawa timur yang dapat memproduksi gula dengan kualitas unggul atau sering disebut dengan gula SHS (*Super High Sugar*). Anak perusahaan PT Rajawali Nusantara Indonesia ini selalu pada SNI untuk memastikan kualitas dan mutu dari gula kristal yang dihasilkan. Terdapat beberapa tahapan produksi yang diterapkan oleh PG Kreet Baru II. Tahapan tersebut meliputi penggulingan, pemurnian, penguapan, pemasakan, putaran, hingga pengemasan [7]. Untuk menjaga performa dari alat yang digunakan, PG. Kreet Baru II terus melakukan evaluasi terhadap kapasitas produksinya. Di tahun 2022, pabrik ini memiliki kapasitas giling sebesar 5500 TCD (*Ton Cane per Day*) dan pada tahun 2024 mengalami peningkatan hingga 6000 TCD. Peningkatan tersebut perlu diikuti dengan kajian evaluasi kapasitas produksi efektif dari mesin yang digunakan [8].

Salah satu mesin produksi yang perlu ditinjau performanya adalah mesin di stasiun masakan dan putaran. Proses masakan bertujuan untuk menghasilkan kristal gula dari penambahan bibit kristal. Nira kental yang diuapkan hingga melewati titik jenuh akan menghasilkan kristal gula secara bertahap sehingga dihasilkan gula A, C, dan D [9]. Gula A

ditujukan sebagai produk akhir untuk konsumsi sedangkan gula C dan D digunakan untuk proses pembibitan jenis gula di atasnya [10]. Selanjutnya gula tersebut akan diteruskan ke stasiun putaran untuk memisahkan antara padatan gula yang dihasilkan dengan larutan induk (*mother liquor*) [11]. Untuk pemisahan gula A dilakukan dengan mesin putaran *batch* sedangkan untuk gula C dan D dilakukan secara kontinyu. Sistem kedua stasiun tersebut yang saling berkesinambungan tentunya dapat mempengaruhi kinerja produksi keseluruhan jika salah satunya mengalami kendala [12]. Untuk itu perhitungan nilai kapasitas efektif dibandingkan dengan kapasitas aktualnya perlu ditinjau untuk memastikan alat bekerja secara optimal

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1. Teknik Pengumpulan Data

Penelitian ini dilaksanakan di PG Krebbe II yang terletak di Kabupaten Malang dengan menggunakan teknik pengumpulan data yang dilakukan dengan langkah observasi secara langsung di industri tersebut.

2.2. Data Analisis

Dalam menghitung kapasitas efektif dari mesin masakan diperlukan data spesifikasi dasar tangki berdasarkan luas permukaan dan volume. Nilai %masakan dari gula A, C, dan D perlu diperoleh untuk mengetahui nilai kapasitas efektif mesin putaran masing-masing jenis gula [9]. Maka dari itu, data hasil masakan serta data spesifikasi alat putaran diperlukan. Kesemua data tersebut dapat diperoleh dari hasil observasi yang telah dilakukan.

2.3. Metode Perhitungan

Berdasarkan data aktual yang diperoleh dari hasil observasi langsung, dapat digunakan pada perhitungan sebagai berikut:

2.3.1. Kapasitas Tangki Masakan

Kapasitas tangki masakan dapat dihitung berdasarkan data spesifikasi tangki berdasarkan kemampuannya dalam mengolah 100 ton bahan baku. Perhitungan tersebut dapat dilakukan berdasarkan luas permukaan maupun volume tangki [9]. Data yang diperoleh dapat digunakan pada rumus yang dijabarkan sebagai berikut :

$$K_M = \frac{D_A}{D_D} \times 100 \quad (1)$$

Keterangan :

K_M = Kapasitas efektif tangki masakan (TCD)

D_A = Desain aktual, volume (m^3) dan luas permukaan (m^2)

D_D = Desain dasar, volume (m^3) dan luas permukaan (m^2)

2.3.2. Persen (%) Masakan

Persen (%) Masakan digunakan untuk menghitung nilai kapasitas efektif mesin masakan tiap jenis gula [9]. Perhitungan berdasarkan persentase hasil masakan dengan total hasil gilingan yang dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\%M = \frac{V_M \times P_M}{W_G} \times 100\% \quad (2)$$

Keterangan :

%M = Persentase hasil masakan gula

V_M = Volume hasil masakan (L)

ρ_m = Masa jenis masakan (kg/L)

W_G = Massa hasil gilingan (kg)

2.3.3. Kapasitas Mesin Putaran A dan SHS

Kapasitas mesin putaran A dan SHS diperoleh dari hasil observasi dan digunakan rumus (3) seperti berikut:

$$K_{PA} = N \times \frac{60}{C_Y} \times K_C \times \rho \times J_O \times \frac{100}{\%M_A} \quad (3)$$

Keterangan :

K_{PA} = Kapasitas efektif mesin putaran A dan SHS (TCD)

N = Jumlah mesin

C_Y = Waktu siklus (menit)

K_C = Desain dasar (m^3)

% M_A = Persentase hasil masakan gula A dan SHS

ρ_m = Masa jenis masakan (kg/L)

J_O = Jam operasional (jam)

2.3.4. Kapasitas Putaran C dan D

Kapasitas mesin putaran C dan D diperoleh dari hasil observasi dan digunakan rumus (4) seperti berikut:

$$K_{PC} = N \times T_C \times J_O \times \frac{100}{\%M_C} \quad (4)$$

Keterangan :

K_{PC} = Kapasitas efektif mesin putaran C atau D (TCD)

N = Jumlah mesin

T_C = Desain dasar (Ton/jam)

% M_C = Persentase hasil masakan gula C atau D

J_O = Jam operasional (jam)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil observasi langsung di pabrik, diperoleh data-data yang diperlukan dalam proses perhitungan kapasitas mesin masakan dan putaran sebagai berikut:

3.1. Data *Design* Tangki Masakan

Perhitungan kapasitas efektif dari tangki masakan diperlukan data design tangki terlebih dahulu untuk memperoleh nilai luas permukaan dan volume total dari alat yang dimiliki. Data tersebut dapat disajikan pada **Tabel 1.** berikut:

Tabel 1. Data *design* tangki masakan

No.	Luas Pemanas		Volume		Dipakai untuk
	m ²	ft ²	m ³	ft ³	
1.	310	3337	45	1589	A
2.	221	2379	35	1236	A
3.	350	3767	50	1766	A
4.	221	2379	35	1236	A
5.	350	3767	50	1766	A
6.	221	2379	35	1236	Bibit A
7.	221	2379	35	1236	C
8.	350	3767	45	1589	D/C
9.	350	3767	45	1589	D
10.	1500	16145	150	5297	D
Jumlah	4094		525		

3.2. Data Hasil Perhitungan Kapasitas Tangki Masakan

Proses perhitungan kapasitas efektif tangki masakan didasarkan pada nilai luas permukaan (LP) dan volume keseluruhan tangki dengan menggunakan persamaan (1) sehingga diperoleh hasil perhitungan sesuai dengan **Tabel 2.** berikut:

Tabel 2. Data hasil perhitungan tangki masakan

Spesifikasi Dasar			Kapasitas Berdasarkan		
LP	45	m ²	LP	9097,778	TCD
Volume	9	m ³	Volume	45488,89	TCD
Massa	100	ton	Rata-rata	27293,33	TCD

3.3. Data Hasil Perhitungan Persen (%) Masakan

Penentuan kapasitas semua tipe mesin putaran diperlukan nilai persen (%) masakan setiap jenis gula yang dihasilkan. Hasil perhitungan tersebut didasarkan pada persamaan (2) sehingga dapat dijabarkan pada **Tabel 3.** berikut:

Tabel 3. Data hasil perhitungan %masakan gula A, C, dan D

Spesifikasi	Masakan A	Masakan C	Masakan D
Massa Gilingan (kg)	6000000	6000000	6000000
Hasil Masakan (HL)	7200	2400	6000
Hasil Masakan (L)	720000	240000	600000
Massa Jenis (g/cm ³)	1,4	1,4	1,4
Massa Masakan (kg)	1008000	336000	840000
% Masakan	16,8	5,6	14

3.4. Data Hasil Perhitungan Kapasitas Putaran A

Setelah nilai persen (%) masakan gula A diperoleh, maka proses perhitungan kapasitas mesin putaran A dapat diperoleh menggunakan persamaan (3) sesuai dengan hasil pada **Tabel 4.** berikut:

Tabel 4. Data perhitungan kapasitas efektif mesin putaran A

Spesifikasi	ASEA AW 650	Broadbent 1950	Silver Weillbull	Satuan
Jumlah (N)	3	1	2	
Waktu siklus (C _v)	3,5	3,5	3,5	menit
Kapasitas (K _c)	0,371	1,39	1,39	m ³
Masakan A%tebu (%M _A)	16,8	16,8	16,8	%
Massa jenis (ρ)	1,4	1,4	1,4	g/cm ³
Waktu operasional (J _o)	24	24	24	jam
Kapasitas	3820,408	4765,714	18117,551	TCD
Total		26703,673		TCD

3.5. Data Hasil Perhitungan Kapasitas Putaran SHS

Nilai persen (%) masakan gula A dan persamaan (3) juga diperlukan untuk proses perhitungan kapasitas mesin putaran SHS sesuai dengan hasil pada **Tabel 5.** berikut:

Tabel 5. Data perhitungan kapasitas efektif mesin putaran SHS

Spesifikasi	Broadbent 1200	Broadbent 1950	ASEA AW 1200	Western State	Satuan
Jumlah (N)	1	1	1	1	
Waktu siklus (C _v)	3,5	3,5	3,5	3,5	menit
Kapasitas (K _c)	0,86	1,39	0,86	1,36	m ³
Masakan A %tebu (%M _A)	11	11	11	11	%
Massa jenis (ρ)	1,4	1,4	1,4	1,4	g/cm ³
Efisiensi Alat	80	80	80	95	%
Waktu (operasional) (J _o)	24	24	24	24	jam
Kapasitas	4503,273	7278,545	4503,273	7121,455	TCD
Total		23406,545			TCD

3.6. Data Hasil Perhitungan Kapasitas Putaran C

Setelah nilai persen (%) masakan gula C diperoleh, maka proses perhitungan kapasitas mesin putaran C dapat diperoleh menggunakan persamaan (4) sesuai dengan hasil pada **Tabel 6.** berikut:

Spesifikasi	Putaran C1		Putaran C2		Satuan
	C1 _A	C1 _B	C2 _A	C2 _B	
Jumlah (N)	1	1	1	1	
Kapasitas Dasar (T _c)	15	20	6	6	Ton cuite/jam
Masakan C % tebu (%M _C)	5,6	5,6	5,6	5,6	%
Jam Operasional (J _o)	24	24	24	24	Jam
Kapasitas	6428,571	8571,429	2571,429	2571,429	TCD
Total Kapasitas	15000,000		5142,857		TCD

3.7. Data Hasil Perhitungan Kapasitas Putaran D

Adapun nilai persen (%) masakan gula D dan persamaan (4) juga digunakan untuk proses perhitungan kapasitas mesin putaran D) sesuai dengan hasil pada **Tabel 7.** berikut:

Tabel 6. Data perhitungan kapasitas efektif mesin putaran D

Spesifikasi	Putaran D1			Putaran D2			Satuan
	D1 _A	D1 _B	D1 _C	D2 _A	D2 _B	D2 _C	
Jumlah (N)	2	1	2	1	2	1	
Kapasitas Dasar (T _c)	15	15	20	6	6	20	Ton cuite /jam
Masakan D % tebu (%M _D)	14	14	14	14	14	14	%
Jam Operasional (J _o)	24	24	24	24	24	24	Jam
Kapasitas	5142,857	2571,429	6857,143	1028,571	2057,143	3428,571	TCD
Total		14571,429			6514,286		TCD

3.8. Evaluasi Kapasitas Efektif

Setelah kesemua nilai kapasitas efektif mesin masakan dan putaran diperoleh, maka dapat dilakukan proses evaluasi mengenai perbandingan kapasitas efektif terhadap kapasitas aktula di proses produksi sehingga diperoleh hasil pada **Tabel 8.** berikut:

Tabel 7. Hasil evaluasi perbandingan kapasitas efektif dengan aktual

Stasiun/Proses	Alat	Kapasitas (TCD)		Evaluasi
		Efektif	Aktual	
Masakan	Masakan (rata-rata)	27293,333	6000	Memenuhi
	Putaran SHS	23406,545	6000	Memenuhi
Putaran	Putaran A	26703,673	6000	Memenuhi
	Putaran C	20142,857	6000	Memenuhi
	Putaran D	21085,714	6000	Memenuhi

3.9. Pembahasan

Perhitungan nilai kapasitas produksi yang telah dilakukan didasarkan pada satuan TCD (*Ton Cane per Day*) dan telah digunakan oleh PT Krebet Baru II sebagai acuan evaluasi dan optimasi proses produksi. Hal tersebut didasarkan pada tebu sebagai bahan baku utama produksi gula. Satuan inipun telah umum digunakan oleh pihak perusahaan gula lainnya sehingga dapat mudah dipahami oleh kalangan umum [13].

PT Krebet Baru II memiliki 10 tangki masakan yang berfungsi untuk mengolah nira hasil penguapan dan dikristalkan melalui pembibitan gula. Kristalisasi terjadi ketika kristal terbentuk dari larutan gula yang dipekatkan [14]. Perhitungan kapasitas efektif tangki masakan didasarkan pada volume dan luas permukaan tangki yang digunakan. Perhitungan tersebut berdasarkan kapasitas dasar yang dinyatakan dalam jumlah luas permukaan atau volume tangki yang diperlukan untuk mengolah 100 ton tebu dalam kurun waktu 24 jam. Dari hasil perhitungan diperoleh bahwa kedua metode perhitungan sudah memenuhi kebutuhan kapasitas aktualnya. Kapasitas efektif berdasarkan metode luas permukaan cenderung lebih kecil yakni hanya sebesar 9097,778 TCD dibandingkan

metode volume yang mencapai 45.488,89 TCD, hal tersebut disebabkan oleh kebutuhan desain dasar pada perhitungan luas permukaan lebih besar (6,71 m x 6,71 m) dibandingkan dengan perhitungan volume (3m x 3m x 3m) sehingga meskipun spesifikasi luas permukaan tangki lebih besar, kapasitas efektifnya akan cenderung kecil akibat dari kebutuhan kapasitas dasarnya yang besar. Meskipun demikian, sesuai dengan Tabel 2. hasil perhitungan rata-rata kapasitas efektif alat sudah jauh di atas kapasitas yang diperlukan yakni 27.293,33 TCD dibandingkan dengan kapasitas aktual pabrik yang hanya sebesar 6000 TCD. Tingginya kapasitas efektif tersebut juga dipengaruhi oleh banyaknya tangki masakan yang tersedia. Banyaknya tangki yang tersedia mengakibatkan proses produksi dapat dilakukan dengan lebih efisien sebab tidak semua tangki akan digunakan sehingga dapat meminimalisir *stoppage loss*. Tipe *loss* ini dikategorikan sebagai keuntungan yang hilang akibat kerusakan atau berhentinya mesin operasi. Ketika operasional berhenti, perusahaan pun akan mengalami *opportunity loss*. Adanya alat cadangan yang dapat digunakan sewaktu-waktu sangat efektif dalam menanggulangi kemungkinan *loss* akibat terganggunya proses pabrikasi [15].

Sebelum menghitung kapasitas mesin putaran, diperlukan data perhitungan %masakan dari gula A, C, dan D terlebih dahulu hasil dari stasiun masakan. Data tersebut merepresentasikan persentase massa masing-masing hasil masakan jenis gula terhadap banyaknya tebu yang telah diolah atau kapasitas aktual dari pabrik. Data yang diperoleh dari hasil observasi merupakan dari volume hasil masakan sehingga perlu dikonversi terlebih dahulu dengan menggunakan massa jenis masing-masing. Sesuai dengan hasil perhitungan pada Tabel 3. diperoleh hasil masakan A yang lebih banyak yakni 16,8% dibandingkan gula C dan D yang nilainya masing-masing sebesar 5,6% dan 14%. Hal tersebut disebabkan oleh banyaknya tangki masakan A yang digunakan hingga 6 tangki sehingga hasilnya pun juga akan semakin banyak diikuti dengan mesin masakan D sebanyak 2 -3 tangki sedangkan masakan C hanya tersedia tangki sebanyak 1 – 2 tangki.

Perhitungan kapasitas efektif mesin putaran SHS, A, C, dan, D sesuai dengan Tabel 8. menunjukkan nilai yang memenuhi kapasitas aktual pabrik yang masing-masing sebesar 23.406,545; 26.603,673; 20.142,857; dan 21.085,714 TCD. Sama dengan tangki masakan, pada stasiun putaran ini terdiri dari banyak mesin putaran SHS, A, C, dan D sehingga nilai kapasitas efektifnya jauh di atas kapasitas aktual. Tingginya nilai tersebut dapat dimanfaatkan perusahaan untuk menjalankan operasi produksi yang lebih efisien dengan hanya menggunakan beberapa alat saja dan sisanya digunakan sebagai cadangan jika terjadi kendala produksi maupun perawatan mesin berkala.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Hasil perhitungan kapasitas efektif mesin masakan dan putaran di perusahaan PG. Krebet Baru II menunjukkan nilai yang sudah memenuhi dari kapasitas aktual pabrik sehingga peningkatan dari mesin-mesin tersebut tidak diperlukan.

Berdasarkan hasil evaluasi perhitungan yang telah diperoleh, diharapkan pihak PG. Krebet Baru II dapat meningkatkan kapasitas aktual hingga sama dengan kapasitas efektif untuk meningkatkan output yang dihasilkan. Selain itu, untuk selanjutnya dapat dilakukan evaluasi kembali secara berkelanjutan terhadap peningkatan kapasitas tersebut.

REFERENSI

- [1] B. Badan Pusat Statistik, "Produksi Perkebunan Besar Bulanan Menurut Jenis Tanaman," 2023.
- [2] E. Rizqiah, "Identifikasi Risiko Supply Chain dengan Mempertimbangkan Kepentingan Stakeholder pada Industri Gula," *Prozima: Productivity, Optimization, and Manufacturing System*, vol. 1, no. 2, hal. 71-81, 2017.
- [3] T. Jaelani, "Machine Learning untuk Prediksi Produksi Gula Nasional," *Jurnal Mater dan Proses Manufaktur*, vol. 6, no. 1, hal. 31–36, 2022.
- [4] F. A. Soejana, "Pengendalian Mutu Proses Produksi Gula Di PT. Perkebunan Nusantara X Pabrik Gula Gempolkrep, Mojokerto," *Jurnal Teknologi Pertanian*, vol. 14, no. 2, hal. 55, 2021.
- [5] Y. Wibowo, S. Soekarno, and S. Hasana, "Analisis Efektivitas Mesin Produksi Gula Pandjie Situbondo," *Jurnal teknik Industri ITN Malang*, 2025.
- [6] A. Bachtiar, "Perencanaan Kapasitas Produksi Dengan Pendekatan Biaya Marjinal Pada Pabrik Tahu Bengkulu," *Creative Research Management Journal*, vol. 1, no. 1, hal. 21, 2018.
- [7] A. N. Rokhimah, S. Hadiantoro, and D. W. N. Huda, "Analisis Perhitungan Kebutuhan Belerang Dan Gas So₂ Pada Alat Tower Sulfitasi Nira Kental Dengan Kapasitas Giling 7800 TCD," *Distilat: Jurnal Teknologi Separasi*, vol. 9, no. 2, hal. 161–167, 2023.
- [8] R. K. Sunarto, S. Hadiantoro, and D. W. N. Hudha, "Analisis Kapasitas Pemanas Nira Pada Stasiun Pemurnian Untuk Memenuhi Kapasitas Giling," *Distilat: Jurnal Teknologi Separasi*, vol. 9, no. 4, hal. 345–351, 2023.
- [9] A. Machfidho and K. W. Sholikhah, "Laporan Kerja Praktik Pabrik Gula Kebonagung Malang Jawa Timur," Universitas Internasional Semen Indonesia, 2022.
- [10] R. Trimerani, "Sistem Rantai Pasok Tebu Sebagai Bahan Baku Proses Produksi di PG. Madukismo," *Jurnal Agribisnis*, vol. 22, hal. 1–14, 2022.
- [11] E. Huggot, *Handbook of Cane Sugar Engineering*. Elsevier, 1986.
- [12] N. Widiyanto, "Laporan Kerja Praktik : Otomatisasi pada Stasiun Gilingan di Pabrik Gula Gempolkrep PTPN X Mojokerto," Institut Bisnis dan Informatika STIKOM Surabaya, 2018.
- [13] H. S. Pratama and A. K. Garside, "Peningkatan Mutu Gula Dengan Metode Drk (Defekasi-Remelt-Karbonatasi) Pada Proyek Revitalisasi Pabrik Gula Asembagus Di Situbondo," *Seminar Keinsinyuran: Program Studi Program Profesi Insinyur*, vol. 1, no. 1, hal. 33–39, 2021.
- [14] D. Irundu, M. Khoiriyah, and R. Ritabulan, "Efektivitas Pembuatan Gula Semut Menggunakan Metode Konvensional Dan Modern," *Bonita: Jurnal Penelitian Kehutanan*, vol. 4, no. 1, hal. 30, 2022.
- [15] R. Said Isyak Raben, "Analisis Kebijakan Untuk Menyediakan Cadangan Part Pada Mesin Kritis Menggunakan Life Cycle Costing (Studi Kasus: PT. Madubaru PG Madukismo)," Universitas Islam Indonesia, 2018.