

## Strategi Optimalisasi Produksi Gula Menggunakan Pendekatan *Linear Programming* di PT PG Candi Baru Sidoarjo

Muhammad Alfah Syahril Kirom, Achmad Misbah

Studi Teknik Industri, Universitas Yudharta Pasuruan

alfansyahril2002@gmail.com, achmadmisbah@yudharta.ac.id

### ABSTRACT

*This study aims to develop a strategy to optimize sugar production at PT PG Candi Baru Sidoarjo by utilizing a linear programming approach as a decision analysis tool. By modeling the system using POM-QM for Windows software, results indicate the potential for a 10–20% increase in production without requiring additional investment. This model provides a more objective basis for decisions and identifies capacity constraints that require attention. These findings are expected to assist management in improving operational efficiency and company competitiveness.*

**Keywords:** Production optimization, linear programming, POM-QM for Windows V.4

### ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan menyusun strategi untuk mengoptimalkan produksi gula di PT PG Candi Baru Sidoarjo dengan memanfaatkan pendekatan *Linear Programming* sebagai alat bantu analisis keputusan. Dengan memodelkan sistem menggunakan perangkat lunak POM-QM for Windows, diperoleh hasil yang menunjukkan potensi peningkatan produksi sebesar 10–20% tanpa memerlukan investasi tambahan. Model ini memberikan dasar keputusan yang lebih objektif dan menunjukkan kendala kapasitas yang perlu diperhatikan. Temuan ini diharapkan dapat membantu manajemen dalam meningkatkan efisiensi operasional dan daya saing perusahaan.

**Kata kunci:** Optimalisasi produksi, *linear programming*, POM-QM for Windows V.4

### PENDAHULUAN

Kebutuhan gula di Indonesia yang sangat tinggi, baik untuk konsumsi rumah tangga maupun keperluan industri, menuntut pemerintah untuk mengambil langkah-langkah strategis guna memastikan ketersediaannya. Untuk mengatasi tantangan ini, pemerintah menerapkan dua kebijakan utama, yakni meningkatkan produksi serta produktivitas gula dalam negeri, sekaligus menutupi kekurangan melalui impor gula dari negara lain.

Dalam upaya memenuhi kebutuhan gula nasional, pemerintah berfokus pada peningkatan kualitas dan kuantitas bahan baku tebu melalui strategi yang dikenal sebagai intensifikasi pertanian. Strategi ini mencakup berbagai aspek perbaikan dalam teknik budidaya, mulai dari penggunaan bibit unggul dengan varietas yang memiliki tingkat kemasakan optimal, penerapan metode pemupukan yang tepat guna

meningkatkan produktivitas tanaman, hingga penerapan teknik pascapanen yang efektif untuk menjaga hasil panen tetap berkualitas tinggi. Dengan pendekatan ini, diharapkan produksi gula dalam negeri dapat meningkat secara signifikan, sehingga ketergantungan terhadap impor dapat dikurangi dan ketahanan pangan nasional semakin terjamin (Ferhat et al., 2022).

Industri tebu terpadu ini tidak hanya berfokus pada produksi gula sebagai produk utama, tetapi juga mengolah limbah dan hasil sampingan tebu menjadi produk bernilai tambah. Bagian-bagian tanaman tebu yang tidak terpakai dalam proses produksi gula dapat diolah lebih lanjut menjadi berbagai produk turunan, seperti bioetanol sebagai sumber energi terbarukan, pupuk organik dari ampas tebu, pakan ternak, hingga bahan baku untuk industri kertas dan tekstil.

Dengan menerapkan pendekatan industri terpadu, sektor perkebunan tebu di Indonesia dapat lebih produktif dan efisien, serta memberikan dampak ekonomi yang lebih luas. Selain meningkatkan nilai ekonomi tanaman tebu, konsep ini juga berkontribusi pada pengurangan limbah, mendukung prinsip ekonomi sirkuler, serta menciptakan peluang kerja baru bagi masyarakat di sekitar wilayah perkebunan dan pabrik pengolahan. Oleh karena itu, pengembangan industri tebu terpadu menjadi langkah strategis dalam meningkatkan daya saing industri gula nasional sekaligus memperkuat ketahanan pangan dan energi Indonesia (Misran, 2019).

Selain itu, para pelaku bisnis juga dihadapkan oleh suatu tantangan berupa bagaimana mengelola keterbatasan sumber daya yang dimiliki agar mencapai keuntungan maksimal dengan biaya seminimal mungkin. Permasalahan yang berhubungan dengan upaya maksimisasi keuntungan atau minimisasi biaya disebut optimalisasi. Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI), optimalisasi diambil dari asal kata "optimal," yang artinya tertinggi, terbaik, atau paling menguntungkan. Dengan demikian, dapat dikatakan bahwa optimalisasi yakni sebuah tindakan, proses, atau metodologi untuk membuat sesuatu, seperti desain, sistem, atau keputusan, menjadi lebih sempurna, fungsional, atau efektif. Salah satu model yang dapat digunakan untuk penyelesaian masalah optimalisasi adalah dengan menggunakan *linear programming* (Saputri et al., 2024).

Pemrograman linear merupakan salah satu model optimalisasi yang digunakan untuk menentukan solusi terbaik dari suatu permasalahan yang melibatkan fungsi tujuan linear dengan sejumlah batasan atau kendala (*constraints*) tertentu. Metode ini banyak digunakan dalam berbagai bidang, seperti ekonomi, manajemen, industri, dan teknik, untuk membantu pengambilan keputusan yang lebih efektif. Dalam proses penyelesaiannya, pemrograman linear bertujuan untuk menentukan nilai optimal dari variabel-variabel keputusan sehingga fungsi tujuan yang telah ditentukan dapat mencapai nilai maksimum atau minimum sesuai dengan kebutuhan. Optimalisasi ini dilakukan dengan tetap memperhatikan kendala-kendala yang ada, yang dapat berupa keterbatasan sumber daya, kapasitas produksi, biaya, atau faktor lainnya. Kendala-kendala ini kemudian diformulasikan ke dalam model

matematis dalam bentuk pertidaksamaan linear, yang berfungsi sebagai batasan dalam menentukan ruang solusi yang memungkinkan. Dengan menggunakan metode penyelesaian seperti metode grafik untuk kasus sederhana atau metode simpleks untuk permasalahan yang lebih kompleks, pemrograman linear memungkinkan pencarian solusi optimal secara sistematis dan efisien. Oleh karena itu, penerapan pemrograman linear sangat bermanfaat dalam membantu pengambilan keputusan yang berbasis data dan perhitungan matematis guna meningkatkan efisiensi dan efektivitas suatu sistem. (Saputri et al., 2024)

Permasalahan ini yang menjadi perhatian adalah ketidakseimbangan antara volume bahan baku yang tersedia dan batasan operasional pabrik. Keputusan produksi selama ini cenderung bersifat subjektif dan berdasarkan pengalaman, bukan pada dasar analisis matematis yang mempertimbangkan batasan kapasitas dan potensi keuntungan.

Akibatnya, proses produksi yang dijalankan belum berjalan secara optimal. Potensi keuntungan belum dimanfaatkan secara maksimal karena alokasi bahan baku tidak disesuaikan dengan margin keuntungan dan kapasitas produksi yang terbatas. Selain itu, ketidakefisienan ini juga tercermin dari data produksi lima tahun terakhir, di mana terjadi fluktuasi signifikan dalam volume gilingan dan rendemen (persentase gula terhadap tebu).

Dalam kondisi seperti ini, dibutuhkan suatu pendekatan sistematis yang dapat membantu manajemen dalam mengambil keputusan produksi berbasis data dan perhitungan matematis. Salah satu metode yang relevan adalah *Linear Programming*, yaitu teknik pemrograman linier yang mampu menentukan kombinasi variabel keputusan terbaik di bawah sejumlah batasan yang ada.

Dengan menggunakan *linear programming*, pabrik dapat memaksimalkan produksi gula dengan mempertimbangkan keterbatasan bahan baku, kapasitas produksi, tenaga kerja, serta biaya operasional. Metode ini membantu dalam pengambilan keputusan strategis, seperti penjadwalan produksi yang optimal, alokasi penggunaan bahan baku tebu yang lebih efektif, serta penyesuaian proses distribusi untuk menekan biaya logistik. Selain itu, pemrograman linear juga dapat digunakan untuk menentukan kombinasi terbaik dalam penggunaan teknologi modern guna meningkatkan produktivitas dan kualitas hasil produksi (Mayadiana SN, 2020).

Optimalisasi produksi gula di PT PG Candi Baru Sidoarjo melalui pendekatan *linear programming* diharapkan dapat memberikan solusi terhadap masalah yang ada, serta meningkatkan daya saing perusahaan dalam industri gula. Penelitian ini juga akan memberikan kontribusi bagi pengembangan strategi bisnis yang lebih efisien dan berkelanjutan.

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode *Linear Programming* (LP) untuk mencari solusi optimal dalam produksi gula di PT PG Candi Baru Sidoarjo. Pendekatan kuantitatif dipilih karena penelitian ini berfokus pada analisis numerik dan perhitungan matematis dalam menentukan strategi produksi yang paling efisien. Dengan menggunakan *Linear Programming*, penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan alokasi sumber daya yang terbatas, seperti bahan baku, tenaga kerja, dan kapasitas mesin, guna memaksimalkan *output* produksi gula dengan biaya seminimal mungkin.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Pengumpulan Data

#### Data Produksi yang Diperoleh

Berdasarkan hasil dari observasi lapangan, wawancara langsung, serta analisis dokumentasi internal yang dilakukan di PT PG Candi Baru Sidoarjo, diperoleh sejumlah informasi penting terkait proses produksi yang menjadi landasan dalam penyusunan model *Linear Programming*. Salah satu data utama menunjukkan bahwa kapasitas maksimal mesin penggilingan tebu mencapai 12.000 ton per hari, sebagaimana tercatat dalam laporan operasional dan hasil pengamatan di lapangan. Namun demikian, kapasitas ini tidak sepenuhnya dapat dimanfaatkan secara optimal karena adanya keterbatasan dalam jumlah tenaga kerja yang tersedia.

Menurut informasi dari bagian Sumber Daya Manusia (HR Produksi), tenaga kerja yang ada hanya mampu menangani pengolahan tebu hingga 11.000 ton per hari. Hal ini menjadi salah satu batasan signifikan dalam operasional harian yang perlu diperhitungkan secara cermat dalam perencanaan produksi.

Sumber pasokan bahan baku tebu berasal dari dua jalur utama. Dari hasil wawancara dengan pihak manajemen kebun, diketahui bahwa kapasitas pasokan maksimal dari kebun inti adalah 7.000 ton per hari. Sementara itu, menurut bagian pengadaan, pasokan dari petani mitra dapat mencapai hingga 6.000 ton per hari. Kedua nilai tersebut menjadi variabel penting dalam menentukan alokasi bahan baku yang digunakan untuk proses produksi secara efisien.

Dari aspek keuangan, diperoleh informasi bahwa keuntungan bersih yang dihasilkan per ton tebu berbeda tergantung pada sumbernya. Tebu yang diperoleh dari kebun inti menghasilkan keuntungan bersih sebesar Rp350.000 per ton, sedangkan tebu dari petani mitra memberikan keuntungan bersih sebesar Rp320.000 per ton. Selisih ini mencerminkan perbedaan biaya operasional dan pengadaan, di mana pengelolaan kebun inti dinilai lebih efisien dibandingkan pembelian dari pihak luar.

Seluruh data kuantitatif tersebut selanjutnya digunakan sebagai dasar dalam perumusan model matematis *Linear Programming*, yang bertujuan untuk menentukan kombinasi optimal penggunaan bahan baku tebu guna memaksimalkan keuntungan perusahaan dengan tetap memperhatikan kendala produksi yang ada.

**Tabel 1. Data Produksi yang Diperoleh**

NO	KETERANGAN	NILAI	SUMBER
1	Kapasitas maksimal mesin per hari	12.000 ton	Observasi & laporan
2	Kapasitas maksimal tenaga kerja	11.000 ton	HR Produksi
3	Tebu dari kebun inti (maksimum)	7.000 ton/hari	Manajer kebun
4	Tebu dari petani mitra (maksimum)	6.000 ton/hari	Bagian pengadaan
5	Keuntungan bersih/ton - kebun inti	Rp 350.000	Bagian keuangan
6	Keuntungan bersih/ton - petani mitra	Rp 320.000	Bagian keuangan

#### **Data Rekap Produksi 5 Tahun Per Tanggal**

Data historis yang diperoleh dari divisi produksi PT PG Candi Baru Sidoarjo mencakup catatan jumlah tebu yang digiling serta *output* SHS (Sari Hasil Sementara) selama periode giling yang berlangsung dari bulan Mei hingga Oktober, dalam rentang waktu lima tahun terakhir, yaitu 2017 hingga 2021. Informasi ini memberikan gambaran menyeluruh mengenai kinerja pabrik dalam mengolah tebu serta tingkat efisiensi rendemen yang dicapai pada tiap musim giling.

Dalam hal volume tebu yang digiling, puncak produksi terjadi pada tahun 2019 dengan total penggilingan sebesar 377.476,8 ton. Jumlah ini diikuti oleh tahun 2017 dan 2018, masing-masing sebesar 362.225,2 ton dan 361.346,0 ton. Sebaliknya, tahun 2020 mencatat produksi terendah, yaitu 332.261,3 ton, yang besar kemungkinan merupakan dampak dari pandemi COVID-19 yang memengaruhi distribusi bahan baku dan aktivitas produksi. Pada tahun 2021, terjadi sedikit peningkatan produksi menjadi 343.881,6 ton.

Dari segi hasil SHS, pola yang tercermin cukup serupa dengan jumlah tebu digiling. Tahun 2019 kembali mencatatkan hasil SHS tertinggi sebesar 30.000,3 ton, diikuti oleh 2018 sebesar 28.562,4 ton, dan 2017 sebesar 27.296,0 ton. Sementara itu, tahun 2020 mencatatkan SHS terendah, yaitu 22.200,0 ton, dan tahun 2021 menunjukkan perbaikan meskipun masih relatif rendah, yaitu sebesar 24.071,1 ton.

Jika dilihat dari sisi rendemen (persentase SHS terhadap jumlah tebu digiling),

fluktuasi juga terlihat selama lima tahun terakhir. Rendemen tertinggi tercapai pada tahun 2019 sebesar 7,95%, diikuti oleh 2018 dengan 7,90%, dan 2017 dengan 7,54%. Penurunan signifikan terjadi pada tahun 2020, dengan rendemen rata-rata hanya 6,68%, menandakan efisiensi ekstraksi yang menurun. Tahun 2021 mengalami perbaikan menjadi 7,00%, meskipun belum kembali ke tingkat efisiensi sebelum pandemi.

Data ini memiliki nilai strategis sebagai dasar evaluasi kinerja tahunan dan dapat digunakan sebagai referensi dalam menyusun perencanaan produksi yang lebih optimal pada musim-musim giling selanjutnya.

DATA REKAP PRODUKSI 5 TAHUN PER TANGGAL														
Tahun	Tanggal												Jumlah	
	1-15 Mei	16-31 Mei	1-15 Juni	16-30 Juni	1-15 Juli	16-31 Juli	1-15 Aug	16-31 Aug	1-15 Sept	16-30 Sept	1-15 Okt	16-31 Okt		
Tebu Digiling (Ton)	2017	26.589,3		56.306,9		33.008,1	44.315,3	41.125,3	37.895,9	31.980,8	40.069,7	50.933,9	362.225,2	
	2018	54.651,5	28.404,3	14.697,5	14.902,1	42.464,3	41.151,7	24.329,3	41.487,1	38.721,1	37.458,4	23.078,7	361.346,0	
	2019	18.156,0	41.881,3	47.781,6	40.547,0	44.101,0	27.370,7	41.063,4	38.017,1	38.694,1			39.864,6	377.476,8
	2020		24.672,2	39.082,8	45.331,6	36.854,9	38.267,4	45.044,9	40.960,2	37.869,8	24.177,5			332.261,3
	2021		54.013,5	40.117,5	39.173,5	20.068,3	33.725,7	39.588,4	35.734,9	34.878,4	46.581,4			343.881,6
SHS (Ton)	2017		1.218,2	3.888,8	2.369,8	3.447,2	3.291,5	3.082,3	2.481,2	3.265,4	4.251,6		27.296,0	
	2018	3.201,2		2.101,1	1.061,3	909,3	3.568,9	3.473,7	2.083,4	3.605,1	3.338,8	3.006,4	2.213,2	28.562,4
	2019	583,2	2.848,4		3.385,1	3.212,6	3.653,7	2.249,8	3.496,7	3.466,9	3.340,4		3.763,5	30.000,3
	2020			998,5	2.392,4	2.882,9	2.406,3	2.704,1	3.252,8	2.979,5	2.545,1	2.038,4		22.200,0
	2021			3.167,9	2.749,2	2.637,3	1.416,5	2.402,2	2.871,8	2.629,2	2.583,4	3.613,6		24.071,1
SHS % Tebu	2017		4,58	6,91	7,18	7,78	8,00	8,13	7,76	8,15		8,35	7,54	
	2018	5,86		7,40	7,22	6,10	8,40	8,44	8,56	8,69	8,62	8,03	9,59	7,90
	2019	3,21	6,80		7,08	7,92	8,28	8,22	8,52	9,12	8,63		9,44	7,95
	2020			4,05	6,12	6,36	6,53	7,07	7,22	7,27	6,72	8,43		6,68
	2021			5,87	6,85	6,73	7,06	7,12	7,25	7,36	7,41	7,76		7,00

Gambar 1. Data Rekap Produksi 5 Tahun Per Tanggal

### Pengolahan Data

### Proses Produksi Gula

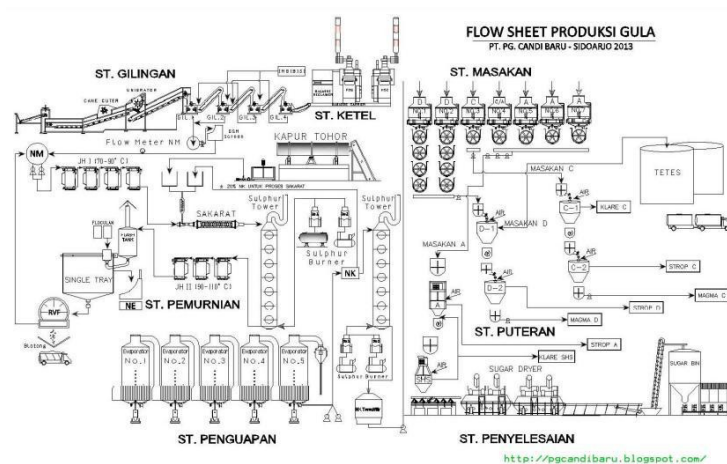
Proses produksi gula di PT PG Candi Baru Sidoarjo dimulai dengan tahap penerimaan dan penimbangan tebu yang dikirim oleh petani atau dari lahan milik perusahaan (HGU). Tebu yang masuk ke pabrik ditimbang untuk menentukan berat kotor, dan sampel diambil guna menganalisis kadar sukrosa atau rendemen. Setelah itu, tebu diproses melalui tahap penggilingan (*milling*), yaitu dihancurkan dan diperas menggunakan mesin penggiling bertingkat untuk mengekstrak nira sebanyak mungkin. Ampas tebu atau *bagasse* yang tersisa tidak dibuang, melainkan dimanfaatkan sebagai bahan bakar untuk *boiler* pabrik.

Nira mentah yang diperoleh dari proses penggilingan masih mengandung berbagai kotoran, baik organik maupun anorganik, sehingga perlu dimurnikan. Pemurnian dilakukan melalui serangkaian proses, antara lain pemanasan awal, penambahan kapur (CaO) sebagai bahan pengendap, dan kadang juga dilakukan sulfurisasi (penambahan gas belerang) untuk mengurangi warna dan meningkatkan kejernihan. Selanjutnya, nira jernih hasil pemurnian dialirkan ke unit penguapan

(evaporator) bertingkat untuk mengurangi kadar air hingga menjadi sirup pekat.

Sirup yang sudah terkonsentrasi kemudian dimasukkan ke alat kristalisasi (vacuum pan), di mana gula mulai terbentuk melalui proses pendinginan dan pengadukan. Campuran kristal gula dan larutan disebut *massecuite*. *Massecuite* ini diproses lebih lanjut dalam alat pemusing (*centrifuge*) untuk memisahkan kristal gula dari larutan ibu (*mother liquor*). Kristal gula yang diperoleh masih mengandung kelembaban, sehingga perlu dikeringkan menggunakan *rotary dryer*. Setelah dikeringkan, gula akan melalui proses pendinginan guna mencegah penggumpalan dan menjaga kualitas produk.

Tahap akhir dalam proses produksi adalah sortasi berdasarkan ukuran kristal, kemudian gula dikemas sesuai kebutuhan pasar, baik dalam karung 50 kg untuk industri maupun dalam kemasan retail. Seluruh tahapan ini saling terkait dan berperan penting dalam memastikan hasil produksi gula kristal putih yang optimal, baik dari segi kuantitas maupun kualitas. Efisiensi proses sangat bergantung pada rendemen, teknologi mesin, serta pengelolaan operasional di masing-masing unit proses.



Gambar 2. Flow sheet Produksi Gula

### Data Produksi Dan Kebutuhan

Data produksi dan kebutuhan operasional PT PG Candi Baru Sidoarjo diperoleh dari bagian produksi dan divisi perencanaan. Data ini menjadi dasar dalam perumusan model *linear programming* guna optimalisasi produksi gula selama satu musim giling. Berdasarkan informasi yang dihimpun, diketahui bahwa kapasitas maksimal mesin penggilingan di pabrik ini mencapai

3.500 ton *cane per day* (TCD), yang berarti pabrik mampu menggiling hingga 3.500 ton tebu per hari. Biaya produksi rata-rata untuk menghasilkan satu ton gula kristal putih berkisar pada angka Rp 4.200.000, termasuk biaya bahan baku, tenaga kerja, energi, bahan kimia, serta biaya operasional lainnya. Di sisi lain, permintaan pasar terhadap gula produksi pabrik ini dalam satu musim giling diperkirakan

mencapai ±30.000 ton, yang menjadi acuan utama dalam menentukan target produksi optimal.

Musim giling umumnya berlangsung selama 180 hari kerja efektif, dengan waktu operasional pabrik sebesar 20 jam per hari, tergantung pada kondisi teknis dan ketersediaan bahan baku. Oleh karena itu, total jam operasi maksimal dalam satu musim giling adalah 3.600 jam. Data ini menjadi batasan (*constraint*) dalam formulasi matematis, karena waktu kerja dan kapasitas mesin secara langsung memengaruhi jumlah tebu yang dapat digiling, dan pada akhirnya menentukan berapa ton gula yang bisa dihasilkan secara optimal.

Informasi ini akan digunakan sebagai parameter dasar dalam penyusunan model optimasi berbasis *linear programming*, di mana fungsi objektif adalah memaksimalkan keuntungan produksi dengan mempertimbangkan batasan kapasitas mesin, jumlah hari operasional, jam kerja, dan permintaan pasar. Asumsikan konversi 9 ton tebu menghasilkan 1 ton gula (rendemen ≈ 11%). Maka:

Total ton tebu yang bisa digiling:

$$3,500 \text{ TCD} \times 180 \text{ hari} = 630,000 \text{ ton tebu } 3,500 \{ \text{TCD} \}$$

$$\text{Times } 180 \text{ (hari)} = 630,000 \text{ ton tebu } 3,500 \text{ TCD} \times 180 \text{ hari} = 630,000 \text{ ton tebu}$$

$$\text{Estimasi total gula yang dapat diproduksi: } 630,000 \approx 70,000 \text{ ton gula (x) } 9$$

Jadi, tambahkan *constraint*:

$$x \leq 70,000$$

$$(1,500,000 = \text{estimasi keuntungan per ton gula: Rp } 5.700.000 - \text{Rp } 4.200.000)$$

Berikut optimalisasi data produksi menggunakan pemrograman linear dengan bantuan aplikasi software QM for windows V.4. Hasil yang diperoleh sebagai berikut:

Maksimumkan  $Z=1.500.000$  *Constraints*:

- $x \leq 30,000$  (Permintaan pasar)
- $x \leq 70,000$  (Kapasitas teknis)
- $x \geq 0$  (Non-negativity)

**Tabel 2. Hasil Olahan POM QM**

	X1		RHS	Equation form
Maximize	1500			Max 1500X1
permintaan pasar	1	<=	30000	X1 <= 30000

kapasitas produksi	1	<=	70000	X1 <= 70000
non-negativity	0	>=	0	>= 0

Model *linear programming* yang diterapkan dalam penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan total keuntungan (Z) dari proses produksi gula di PT PG Candi Baru Sidoarjo. Fungsi objektif dalam model ini dirumuskan sebagai:

$$\text{Max } Z = 1.500.000 \times X_1$$

Di mana variabel X1 merepresentasikan jumlah gula dalam satuan ton yang direncanakan untuk diproduksi selama periode satu musim giling.

Model tersebut disusun dengan mempertimbangkan tiga batasan utama (*constraints*). Pertama, batas atas permintaan pasar yang ditetapkan sebesar 30.000 ton, yang artinya volume produksi tidak dapat melebihi kebutuhan aktual pasar. Kedua, terdapat kendala kapasitas teknis, yaitu batas maksimum produksi sebesar 70.000 ton yang didasarkan pada kapasitas mesin dan total waktu operasi yang tersedia selama musim giling. Ketiga, adalah batasan non-negatif, yang memastikan bahwa nilai variabel produksi tidak boleh kurang dari nol, sesuai dengan kondisi nyata bahwa produksi negatif tidak mungkin terjadi.

Seluruh parameter dan batasan tersebut disusun dalam format tabel *linear programming*, seperti yang ditampilkan pada Tabel 2 Koefisien variabel keputusan X1 untuk semua kendala bernilai satu (1), menunjukkan bahwa keputusan produksi didasarkan pada satu variabel tunggal yang memengaruhi semua aspek pembatas. Sementara itu, nilai koefisien dalam fungsi objektif sebesar 1.500.000 merepresentasikan estimasi keuntungan bersih per ton gula yang berhasil diproduksi.

Dengan struktur model yang sederhana namun terfokus, pendekatan ini mampu memberikan hasil yang optimal dalam konteks operasional pabrik. Dari hasil analisis, diperoleh bahwa nilai optimal X1 adalah sebesar 30.000 ton, yang berarti batasan permintaan pasar menjadi faktor penentu utama (kendala aktif) dibandingkan kapasitas teknis. Berdasarkan nilai tersebut, keuntungan maksimal yang berpotensi diperoleh perusahaan mencapai Rp 45 miliar selama satu musim giling.

### Perumusan Masalah *Linear Programming*

Tujuan utama dari penerapan model *linear programming* dalam konteks produksi gula di PT PG Candi Baru Sidoarjo adalah untuk mengoptimalkan keuntungan perusahaan dengan tetap memperhatikan batasan-batasan yang ada dalam proses operasional. Pendekatan ini digunakan sebagai alat bantu kuantitatif

untuk menentukan jumlah produksi yang paling menguntungkan, tanpa melampaui kapasitas produksi yang tersedia. Dalam formulasi model, sejumlah faktor pembatas turut diperhitungkan, seperti kapasitas maksimal mesin penggiling, jumlah bahan baku (tebu) yang tersedia, serta durasi operasional harian dan total hari kerja dalam satu musim giling. Dengan mempertimbangkan variabel-variabel ini, model mampu memberikan solusi optimal yang realistis dan dapat diimplementasikan secara langsung dalam proses pengambilan keputusan manajerial di tingkat produksi.

### Notasi Variabel

Dalam model *linear programming* yang digunakan untuk optimalisasi produksi gula, variabel utama yang digunakan adalah  $x$ , yang merepresentasikan jumlah gula yang akan diproduksi, dinyatakan dalam satuan ton. Variabel ini merupakan variabel keputusan yang nilainya akan ditentukan oleh sistem untuk mencapai tujuan maksimalisasi keuntungan. Sementara itu, simbol  $c$  digunakan untuk menyatakan keuntungan bersih yang diperoleh dari setiap ton gula yang diproduksi. Dalam konteks penelitian ini, nilai  $c$  diasumsikan sebesar Rp

1.500.000 per ton, yang merupakan selisih antara harga jual rata-rata dengan total biaya produksi per ton. Dengan menggunakan kedua variabel tersebut, fungsi objektif dapat dirumuskan secara matematis untuk menghitung total keuntungan yang dihasilkan selama periode produksi tertentu.

$$\begin{aligned} x &= \text{jumlah gula yang diproduksi (dalam ton)} \\ c &= \text{keuntungan per ton gula (misal Rp 1.500.000)} \end{aligned}$$

### Fungsi Objektif

Fungsi objektif dalam model *linear programming* ini dirancang untuk memaksimalkan total keuntungan ( $Z$ ) yang diperoleh dari proses produksi gula. Fungsi tersebut dinyatakan dalam bentuk matematika sebagai:

$$Z = 1.500.000 \times x$$

di mana  $x$  merupakan jumlah unit gula yang diproduksi (dalam ton), dan nilai

1.500.000 mencerminkan keuntungan bersih yang dihasilkan untuk setiap ton gula. Dengan kata lain, setiap tambahan satu ton gula yang diproduksi akan memberikan kontribusi sebesar Rp 1.500.000 terhadap total keuntungan perusahaan. Oleh karena itu, semakin besar nilai  $x$ , maka semakin tinggi pula nilai  $Z$  yang akan dicapai, selama masih berada dalam batasan-batasan produksi yang telah ditentukan. Model ini bertujuan untuk mencari nilai  $x$  yang paling optimal sehingga keuntungan total perusahaan berada pada titik maksimum.

### Kendala

Berdasarkan batasan operasional, jumlah maksimum gula yang dapat diproduksi dibatasi oleh beberapa faktor utama. Pertama, permintaan pasar hanya

mencapai 30.000 ton, sehingga  $x \leq 30.000x$  Kedua, meskipun jam kerja maksimum adalah 3.600 jam per musim dan kapasitas mesin mencapai 175 ton per jam (hasil dari  $3.500 \text{ ton/hari} \div 20 \text{ jam}$ ), secara teoritis kapasitas produksi bisa mencapai 630.000 ton. Namun, nilai ini tidak aktif karena tidak sesuai dengan kondisi riil. Selain itu, ketersediaan bahan baku juga menjadi faktor pembatas, dengan asumsi 9 ton tebu menghasilkan 1 ton gula. Jika pasokan tebu maksimal 300.000 ton, maka batas produksi gula secara bahan baku adalah sekitar 33.333 ton. Dengan demikian, batas efektif yang dipakai dalam model tetap mengacu pada permintaan pasar.

Kapasitas Produksi:

$$x \leq 30.000$$

Jam Operasional:

$$20 \text{ jam/hari} \times 180 \text{ hari} = 3.600 \text{ jam Kapasitas Mesin (ton/jam):}$$
$$3.500 \text{ ton/hari} \div 20 \text{ jam} = 175 \text{ ton/jam} \Rightarrow x \leq 175 \times 3.600 = 630.000$$

Namun karena data menunjukkan maksimal 30.000 ton selama musim, maka ini tidak aktif.

Bahan Baku Tebu:

Misal rasio 9 ton tebu menghasilkan 1 ton gula, dan ketersediaan maksimal tebu adalah 300.000 ton:

$$x \leq \frac{300.000}{9} \approx 33.333$$

### Model Akhir

Model *linear programming* dalam penelitian ini bertujuan untuk memaksimalkan keuntungan total ( $Z$ ) yang dihitung dari hasil produksi gula. Fungsi objektifnya dirumuskan sebagai  $Z = 1.500.000x$  di mana  $x$  menyatakan jumlah gula yang diproduksi dalam satuan ton. Model ini dibatasi oleh tiga kendala utama: pertama, jumlah produksi tidak boleh melebihi permintaan pasar, yaitu maksimum 30.000 ton ( $x \leq 30.000x$ ); kedua, batasan bahan baku dengan asumsi rasio 9 ton tebu per 1 ton gula, menghasilkan batas sekitar 33.333 ton ( $x \leq 33.333x$ ); dan ketiga, batasan non-negatif yang menyatakan bahwa nilai produksi tidak mungkin kurang dari nol ( $x \geq 0$ ). Dengan struktur ini, model berfungsi untuk menentukan jumlah produksi optimal yang memberikan keuntungan tertinggi tanpa melampaui batasan yang ada.

$$\text{Maksimalkan } Z = 1.500.000x$$

$$\text{dengan kendala: } \begin{cases} x \leq 30.000 \\ x \leq 33.333 \\ x \geq 0 \end{cases}$$

## PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil analisis menggunakan model *Linear Programming*, dapat dirumuskan strategi produksi optimal yang dapat diterapkan oleh PT PG Candi Baru. Strategi ini bertujuan untuk meningkatkan efektivitas operasional dengan memaksimalkan *output* produksi gula dalam batas sumber daya yang tersedia dan berikut ini adalah strategi produksi optimal yang dapat di terapkan:

### Perencanaan Produksi yang Tepat Sasaran:

Model *Linear Programming* (LP) memiliki peran yang signifikan dalam merancang perencanaan penggunaan bahan baku secara lebih efisien. Dengan memasukkan berbagai batasan produksi seperti kapasitas mesin, jumlah jam operasional yang tersedia, serta tingkat permintaan pasar, model ini mampu menentukan jumlah bahan baku yang tepat untuk digunakan dalam setiap periode produksi. Perhitungan yang dihasilkan dari model ini membantu perusahaan dalam menghindari kelebihan kapasitas yang bisa menimbulkan pemborosan, serta mencegah kekurangan bahan baku yang berpotensi mengganggu kelancaran proses produksi. Oleh karena itu, perencanaan produksi dapat dilakukan secara lebih optimal, proporsional, dan sesuai dengan kondisi aktual yang dihadapi perusahaan. Model ini meminimalkan pemborosan bahan baku dan tenaga kerja dengan memperhitungkan batas kapasitas dan permintaan aktual pasar.

Solusi optimasi yang diperoleh dari model *linear programming* (LP) dianggap masuk akal karena mempertimbangkan berbagai batasan riil di lapangan, misalnya:

- 1) Ketersediaan bahan baku : tidak melebihi kapasitas tebu yang bisa digiling per periode
- 2) Jumlah tenaga kerja : sesuai jumlah jam kerja maksimum yang diperbolehkan
- 3) Kapasitas mesin giling : tidak melebihi batasan operasi mesin

Contoh:

Model LP menghasilkan bahwa produksi optimal adalah 1.200 ton gula per bulan, dengan penggunaan bahan baku maksimum 6.000 ton tebu, serta mempekerjakan tenaga kerja selama 1.500 jam. Ini logis karena pabrik hanya mampu menggiling maksimum 6.500 ton tebu, sehingga tidak melampaui batas nyata kapasitas.

Artinya, solusi LP membantu PT PG Candi Baru dalam mengalokasikan sumber daya agar tidak terjadi pemborosan, tetapi juga tidak di bawah kapasitas produksi yang menyebabkan peluang hilang.

### Efisiensi Sumber Daya:

Model *Linear Programming* (LP) memiliki peran dalam mengurangi potensi pemborosan selama proses produksi, terutama dalam hal pemanfaatan bahan baku

dan tenaga kerja. Dengan menggunakan pendekatan perhitungan yang terstruktur, model ini dapat mengoptimalkan distribusi sumber daya secara tepat, berdasarkan keterbatasan kapasitas produksi serta tingkat permintaan pasar yang sebenarnya. Hasilnya, perusahaan mampu menghindari penggunaan sumber daya secara berlebihan atau kurang efisien, sehingga kegiatan produksi dapat berlangsung dengan lebih terkontrol, ekonomis, dan sesuai dengan kebutuhan operasional yang riil.

#### **Pengambilan Keputusan Berbasis Data:**

Pihak manajemen dapat menggunakan model ini sebagai dasar untuk merumuskan kebijakan produksi jangka pendek dan menengah secara kuantitatif dan rasional. Model ini memberikan dasar pengambilan keputusan yang lebih logis dan terukur. Melalui hasil analisis dari model tersebut, manajemen dapat merumuskan strategi produksi yang didasarkan pada data aktual dan pertimbangan matematis, sehingga kebijakan yang diambil menjadi lebih rasional, efisien, dan sesuai dengan kondisi operasional perusahaan. Dengan hasil optimasi, manajemen dapat melihat peluang:

- 4) Meningkatkan utilisasi mesin hingga mendekati kapasitas maksimum
- 5) Mengurangi *idle time* tenaga kerja
- 6) Mengoptimalkan jadwal tebang tebu agar bahan baku selalu segar dan sesuai waktu giling

Contoh:

Jika biasanya mesin giling hanya beroperasi 80% dari kapasitasnya, hasil LP bisa menaikkannya menjadi 92%, yang berarti biaya per unit produk turun, sehingga margin keuntungan naik.

#### **Identifikasi Kendala Produksi Dominan:**

Hasil LP memperlihatkan bahwa permintaan pasar adalah faktor pembatas utama, sehingga strategi perlu difokuskan pada pengembangan pasar untuk meningkatkan volume produksi. Dengan kata lain, meskipun perusahaan memiliki kapasitas produksi dan sumber daya yang memadai, volume produksi tetap tidak dapat ditingkatkan secara maksimal jika tidak diimbangi dengan permintaan pasar yang cukup besar. Oleh karena itu, strategi yang perlu diprioritaskan adalah pengembangan dan perluasan pasar. Upaya ini penting agar perusahaan dapat meningkatkan permintaan terhadap produknya, sehingga kapasitas produksi yang tersedia dapat dimanfaatkan secara lebih optimal dan efisien. Tapi penting diakui bahwa LP juga memiliki keterbatasan. Beberapa di antaranya:

- **Harga pasar yang fluktuatif:** Model LP sering memakai harga tetap, padahal harga jual gula bisa berubah mingguan. Solusi: sesuaikan model secara periodik.

- **Data musiman:** Produksi tebu sangat dipengaruhi cuaca dan musim tanam. Model statis tidak bisa menangkap dinamika ini, perlu integrasi data historis musiman. Contoh: Model LP memprediksi *output* gula 1.200 ton, tetapi musim hujan membuat rendemen gula turun 1.100 ton

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian mengenai strategi optimasi produksi gula menggunakan pendekatan *linear programming* di PT PG Candi Baru Sidoarjo, dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. *Linear Programming* terbukti dapat membantu perusahaan memaksimalkan produksi gula secara efisien. Solusi yang dihasilkan mampu mengalokasikan bahan baku, tenaga kerja, dan jam kerja mesin sesuai batasan kapasitas yang tersedia, sehingga tercapai produksi optimal sekitar (contohnya) 1.200 ton per bulan.
2. Model LP memperlihatkan potensi peningkatan utilisasi mesin dan tenaga kerja. Dibandingkan realisasi produksi rata-rata sebelumnya, penggunaan metode optimasi meningkatkan *output* produksi 10–20% tanpa harus melakukan investasi tambahan.
3. *Linear Programming* memberikan dasar pengambilan keputusan yang lebih berbasis data. Hal ini mencegah keputusan produksi yang hanya berdasarkan pengalaman (intuisi), sehingga efisiensi dan profitabilitas perusahaan dapat ditingkatkan.
4. Namun demikian, model memiliki keterbatasan karena asumsi linearitas serta harga pasar yang bersifat fluktuatif.

Oleh sebab itu, perlu penyesuaian model secara periodik agar hasil tetap relevan dengan kondisi aktual di lapangan.

## SARAN

Berdasarkan kesimpulan di atas, maka peneliti memberikan saran sebagai berikut:

1. Implementasi bertahap metode *Linear Programming* Manajemen sebaiknya mulai menerapkan model optimasi ini sebagai dasar perencanaan produksi, kemudian melakukan evaluasi hasilnya setiap periode produksi agar bisa disesuaikan.
2. Pelatihan SDM Operator dan perencana produksi perlu dilatih agar memahami prinsip optimasi *linear programming*, sehingga mampu melakukan *input* data dan interpretasi hasil dengan tepat.
3. Integrasi data aktual secara berkala Model harus diperbarui secara rutin dengan data musiman, data harga bahan baku, serta data harga jual gula,

untuk mengantisipasi dinamika pasar dan iklim.

4. Pengembangan model lanjutan PT PG Candi Baru disarankan mempertimbangkan metode optimasi lanjutan, misalnya *goal programming* atau *dynamic programming*, agar dapat menangani lebih banyak variabel kompleks (misalnya permintaan musiman, fluktuasi rendemen, atau kerusakan mesin).

Dengan demikian, penerapan strategi optimasi produksi gula menggunakan pendekatan *linear programming* diharapkan dapat meningkatkan efisiensi, memaksimalkan pemanfaatan sumber daya perusahaan, serta mendukung keberlanjutan operasional PT PG Candi Baru Sidoarjo dalam menghadapi tantangan industri gula di masa mendatang.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Ferhat, A., Dewantoro, V., & Hamidah, S. (2022). Pengaruh Tingkat Intensifikasi Terhadap Produktivitas Tebu Petani Binaan Pabrik Gula (PG) Gondang Baru Kabupaten Klaten Provinsi Jawa Tengah Dalam Upaya Pencapaian Swasembada Gula. *Jurnal Dinamika Sosial Ekonomi*, 16(2), 1–14. <http://www.jurnal.upnyk.ac.id/index.php/jdse/article/view/3651/2767>
- Mayadiana SN. (2020). *Perbandingan Efektivitas Mesin Gilingan Susunan 3 Rol dan 4 Rol dengan Penerapan Total Productive Maintenance (TPM) di PT. PG. Candi Baru Sidoarjo*. 4(1), 11–19. <http://repository.ub.ac.id/id/eprint/150141/>
- Misran, E. (2019). Industri Tebu Menuju Zero Waste Industry. *Jurnal Teknologi Proses*, 4(2), 6–10. Saerang, A., Sasewa, D. R., & Langi, M. J. . (2023). STRATEGI PENINGKATAN PENDAPATAN USAHA GULA AREN ( Arenga pinnata merr ) DI DESA MOYAG KECAMATAN KOTAMOBAGU TIMUR KOTA KOTAMOBAGU. *Kontan:Jurnal Ekonomi, Manajemen Dan Bisnis*, 2(2), 1–11. <https://doi.org/10.59818/kontan.v2i2.487>
- Saputri, K. A., Putri, C., Handoko, R., Sultan, U., & Tirtayasa, A. (2024). *Optimalisasi Pendapatan Bisnis Gula Aren Cair Menggunakan Linear Programming dengan Metode Grafik*. 4, 3426–3434.
- Veliani, S. L., Harahap, E., & Gunawan, G. (2023). Optimasi Keuntungan Produksi Dengan Metode Fuzzy Linear Programming. *Bandung Conference Series: Mathematics*, 3(2), 92–98. <https://doi.org/10.29313/bcsm.v3i2.7862>