

PENERAPAN PROGRAM LINIER UNTUK MINIMASI BIAYA PRODUKSI MENGUNAKAN METODE GRAFIK (Studi Kasus: Pada Pabrik Karya Utama)

Arief Dwi Ramadhan¹, Heru Sutejo², Zaskia Aline Syahfitri³, Jibril Olivia Arera⁴, Enjel Bella Janet Maruapey⁵, Yohosua Daniel Werimon⁶

Program Studi Manajemen¹³⁴⁵⁶, Program Studi Sistem Informasi²,
Universitas Sepuluh Nopember (USN) Papua
e-mail : ariefdwirdhn25@gmail.com, heru.sutejo01@gmail.com

Abstract

This study aims to optimize the daily production costs at Karya Utama Factory, a medium-scale soybean processing industry. The main problem faced is determining the most economical production combination of tofu and tempeh amidst operational constraints, specifically the minimum daily requirement of 350 kg soybean absorption from the distributor. This applied quantitative research utilizes a two-variable Linear Programming model solved by the Graphical Method. The objective function is formulated to minimize daily production costs, bounded by raw material availability and market quota targets. The results within the feasible region prove that the optimal solution is achieved when the factory constantly produces 1,540 units of tofu and 600 units of tempeh daily. Implementing this combination yields the minimum total expenditure of Rp5,828,000 per day. Furthermore, the analysis uncovers the "Tempeh Trap" paradox, where forcing the production of tempeh—despite its cheaper unit cost—actually triggers total cost inefficiency due to its low raw material absorption ratio. In conclusion, the graphical method is proven to be precise in helping SMEs avoid cash waste and secure food logistics stability.

Keywords: Graphical Method, Linear Programming, Optimization, Production Cost, Tofu and Tempeh

Abstrak

Penelitian ini bertujuan mengoptimalkan biaya produksi harian di Pabrik Karya Utama, sebuah industri pengolahan kedelai skala menengah. Permasalahan utama yang dihadapi adalah menentukan kombinasi jumlah produksi tahu dan tempe yang paling ekonomis di tengah keterbatasan operasional, khususnya syarat penyerapan bahan baku kedelai minimal 350 kg per hari dari distributor. Penelitian terapan ini menggunakan metode kuantitatif melalui pemodelan Program Linier dua variabel yang diselesaikan dengan Metode Grafik. Fungsi tujuan dirumuskan untuk meminimasi biaya produksi harian dengan batasan ketersediaan bahan baku dan target kuota pesanan pasar. Hasil penelitian pada daerah penyelesaian layak membuktikan bahwa solusi optimal tercapai apabila pabrik memproduksi secara konstan 1.540 unit tahu dan 600 unit tempe setiap hari. Implementasi kombinasi tersebut menghasilkan total pengeluaran paling minimum sebesar Rp5.828.000 per hari. Lebih lanjut, analisis menemukan paradoks "Jebakan Tempe", di mana memaksakan produksi tempe yang berbiaya satuan murah justru memicu inefisiensi pengeluaran total akibat rendahnya rasio penyerapan bahan baku. Kesimpulannya, metode grafik terbukti presisi membantu UMKM menghindari pemborosan kas dan mengamankan stabilitas logistik pangan.

Kata Kunci: Biaya Produksi, Metode Grafik, Optimasi, Program Linier, Tahu dan Tempe.

PENDAHULUAN

Tahu dan tempe sudah lama menjadi bagian dari kehidupan sehari-hari masyarakat Indonesia, bukan sekadar sebagai lauk murah, tetapi juga sebagai sumber protein nabati yang mudah dijangkau oleh semua kalangan (Astawan, 2009). Di balik keduanya, ada ribuan industri kecil yang menopang ketersediaan produk ini dari hulu ke hilir, mulai dari pengrajin rumahan hingga pabrik skala kecil yang beroperasi setiap hari tanpa henti (Rachman & Ariani, 2008). Industri pengolahan kedelai semacam ini memainkan peran yang tidak bisa dianggap remeh dalam perekonomian lokal, karena selain menyerap tenaga kerja, ia juga menjadi sumber penghidupan langsung bagi banyak keluarga di berbagai penjuru daerah. (Rachman & Ariani, 2008) Bahkan dalam skala yang lebih luas, keberlangsungan industri ini menyentuh jutaan orang, baik sebagai produsen, pedagang perantara, maupun konsumen akhir yang mengandalkan tahu dan tempe sebagai menu harian yang terjangkau dan bergizi (Astawan, 2009). Oleh karena itu, menjaga keberlangsungan usaha-usaha kecil semacam ini bukan hanya soal bisnis semata, melainkan juga menyangkut ketahanan pangan dan kesejahteraan masyarakat secara lebih luas (Rachman & Ariani, 2008)

Salah satu pelaku industri ini adalah Pabrik Karya Utama, sebuah usaha pengolahan kedelai yang sudah berdiri sejak era 1980-an dan kini diteruskan oleh generasi kedua dari keluarga pendirinya. Pabrik ini beroperasi dengan lima orang karyawan dan setiap harinya mampu menghasilkan sekitar 350 kg tahu dan 70 kg tempe, atau kurang lebih setara dengan 1.500 biji tahu dan 1.000 biji tempe. Hasil produksi itu kemudian didistribusikan ke beberapa titik penjualan, yaitu Pasar Pagi, kawasan Polimak, Dok, hingga para pedagang sayur dan pedagang gorengan yang berkeliling di sekitar wilayah tersebut. Untuk bahan baku, pabrik ini bergantung sepenuhnya pada kedelai impor yang diperoleh dari Surabaya, dan posisinya dalam rantai distribusi berada di tingkat ketiga, artinya harga yang diterima sudah melewati beberapa lapisan markup dari distributor sebelumnya. Kedelai dibeli seharga sekitar Rp600.000 per karung dengan pemakaian rata-rata 50 karung setiap minggu, sementara harga per kilogramnya berkisar di angka Rp14.000.

Dalam pemodelan program linier untuk kasus ini, alokasi kuantitas produk ditetapkan menggunakan satuan biji/potong, di mana variabel x merepresentasikan jumlah tahu dan variabel y merepresentasikan jumlah tempe. Dalam proses produksi, satu kilogram kedelai bisa menghasilkan sekitar 14 biji tempe sebelum dipotong biaya kemasan dan bahan pendukung lainnya, sedangkan biaya memasak untuk satu siklus produksi tahu diperkirakan mencapai Rp400.000. Berdasarkan penelusuran parameter biaya secara mendalam, komponen pengeluaran tersebut dapat dirinci menjadi biaya produksi per unit produk. Untuk memproduksi satu biji tempe (y), modal kedelai adalah sebesar Rp1.000 yang kemudian ditambah dengan pengeluaran penunjang seperti ragi, plastik kemasan, dan bahan bakar kayu sebesar Rp500, sehingga total biaya produksi per unit tempe mencapai Rp1.500. Sementara itu, satu biji tahu (x) membutuhkan sekitar 200 gram kedelai dengan nilai Rp2.800 ditambah alokasi biaya memasak serta tenaga kerja sebesar Rp400, yang menghasilkan total biaya produksi per unit tahu sebesar Rp3.200. Ketergantungan pada kedelai impor ini membuat pabrik sangat rentan terhadap gejolak harga di pasar internasional maupun perubahan kebijakan ekspor-impor yang sewaktu-waktu bisa berubah tanpa peringatan.

Di samping fluktuasi harga, pihak pabrik juga terikat oleh beberapa batasan operasional konkrit dari pemasok maupun pasar. Dari sisi pasokan, pihak agen di Surabaya menetapkan syarat

volume pemrosesan bahan baku minimal sebesar 350 kg kedelai per hari agar pabrik tetap berhak mendapatkan harga grosir Rp600.000 per karung. Di sisi lain, akumulasi permintaan pasar dari para pedagang di Pasar Pagi, Polimak, dan Dok mengharuskan pasokan gabungan minimum sebesar 2.000 biji per hari, dengan komitmen pasokan tetap harian tidak boleh kurang dari 1.200 biji untuk komoditas tahu dan 600 biji untuk komoditas tempe. Di sinilah letak permasalahan yang sesungguhnya: dengan biaya produksi yang terus bergerak dan margin keuntungan yang tidak terlalu besar, pengelola pabrik perlu mengetahui dengan tepat berapa banyak tahu dan tempe yang harus diproduksi setiap harinya agar pengeluaran bisa tekan seminimal mungkin tanpa mengorbankan pasokan ke pelanggan. Selama ini keputusan produksi masih banyak mengandalkan pengalaman dan perkiraan, padahal tanpa perhitungan yang lebih sistematis, risiko pemborosan bahan baku, kelebihan produksi, atau kekurangan stok bisa terjadi kapan saja dan sulit diantisipasi sejak dini.

Untuk permasalahan seperti ini, program linier sebenarnya sudah lama dikenal sebagai salah satu alat bantu pengambilan keputusan yang cukup andal di dunia industri (Hillier & Lieberman, 2015). Metode ini memungkinkan pengambil keputusan untuk menyusun sebuah model matematika yang menggambarkan hubungan antara variabel-variabel produksi, keterbatasan yang ada, serta tujuan yang ingin dicapai, baik itu memaksimalkan keuntungan maupun meminimalkan biaya (Taha, 2017). Yang membuat program linier menarik adalah sifatnya yang sistematis and terstruktur: begitu model selesai dibangun, solusi optimal bisa dihitung secara matematis sehingga keputusan yang diambil tidak lagi bergantung semata-mata pada intuisi, melainkan pada data dan logika yang bisa dipertanggungjawabkan (Setianingsih & Wahyuni, 2021). Dalam konteks usaha kecil dan menengah, pendekatan ini sangat relevan karena sumber daya yang tersedia terbatas dan setiap keputusan produksi punya konsekuensi langsung terhadap kelancaran operasional dan keuntungan yang diperoleh (Setianingsih & Wahyuni, 2021)

Untuk kasus yang melibatkan dua jenis produk seperti tahu dan tempe, salah satu cara penyelesaian yang paling mudah dipahami adalah metode grafik (Mulyono, 2017). Cara kerjanya adalah dengan menggambarkan setiap kendala produksi sebagai garis pada bidang koordinat dua dimensi, sehingga terbentuk daerah penyelesaian yang layak, dan dari sana dicari titik di mana nilai fungsi tujuan paling optimal (Hillier & Lieberman, 2015). Dibanding metode lain yang lebih kompleks, metode grafik punya kelebihan tersendiri, yakni kemudahannya untuk divisualisasikan dan dipahami bahkan oleh pengelola usaha yang tidak memiliki latar belakang matematika lanjut sekalipun (Mulyono, 2017). Hal ini menjadikannya pilihan yang praktis dan realistis untuk diterapkan pada industri kecil seperti Pabrik Karya Utama .

Sejumlah penelitian sebelumnya telah mencoba menerapkan pendekatan yang serupa pada berbagai jenis usaha kecil dan hasilnya cukup menjanjikan.(Ba'ru & Remme, 2019), misalnya, menerapkan metode grafik untuk membantu perencanaan produksi kue pada sebuah usaha kecil di Rantelemo dan berhasil menemukan kombinasi produksi yang lebih efisien dari sebelumnya, dengan memanfaatkan keterbatasan bahan baku dan waktu kerja sebagai kendala dalam model (Ba'ru & Remme, 2019). Sementara itu, (Abidah et al., 2022)juga menunjukkan bahwa program linier dengan metode grafik bisa digunakan secara efektif untuk memaksimalkan keuntungan pada usaha produksi skala kecil, termasuk dengan memodelkan keterbatasan bahan baku, kapasitas produksi,

dan permintaan pasar secara bersamaan dalam satu model yang terintegrasi (Abidah et al., 2022). Selain itu, (Putra & Sari, 2020) membuktikan bahwa program linier mampu membantu minimasi biaya bahan baku pada usaha manufaktur skala kecil dengan hasil yang signifikan secara ekonomi. Dari penelitian-penelitian itu bisa ditarik satu benang merah: pendekatan program linier bukan monopoli perusahaan besar, justru usaha kecil dengan dua atau tiga variabel keputusan adalah konteks di mana metode grafik bisa diterapkan paling mudah dan hasil solusinya paling mudah untuk diinterpretasikan secara langsung (Susanto & Lestari, 2020). Temuan-temuan ini sekaligus memperkuat alasan mengapa pendekatan yang sama sangat layak untuk dicoba pada Pabrik Karya Utama, mengingat permasalahan produksinya memiliki struktur yang tidak jauh berbeda dari kasus-kasus yang telah diteliti sebelumnya (Abidah et al., 2022).

Dengan memperhatikan kondisi nyata yang ada di Pabrik Karya Utama, yaitu dua jenis produk utama, satu jenis bahan baku dominan, kapasitas produksi harian yang terukur, serta tekanan biaya yang terus ada, maka permasalahan ini memang sangat cocok untuk dirumuskan dalam kerangka program linier dua variabel. Jika model ini berhasil disusun dengan tepat dan diselesaikan melalui metode grafik, pihak pengelola pabrik bisa mendapatkan gambaran yang jauh lebih konkret tentang berapa jumlah produksi tahu dan tempe yang paling hemat biaya sekaligus tetap mampu memenuhi permintaan pelanggan setiap harinya (Abidah et al., 2022). Berdasarkan latar belakang itulah, penelitian ini bertujuan untuk merancang model program linier minimasi biaya produksi pada Pabrik Karya Utama dengan menggunakan metode grafik (Mulyono, 2017). Secara lebih rinci, penelitian ini dilakukan untuk mencapai tiga tujuan: pertama, mengidentifikasi variabel keputusan, fungsi tujuan, dan kendala-kendala yang relevan dalam proses produksi tahu dan tempe di Pabrik Karya Utama; kedua, membangun model program linier yang secara tepat merepresentasikan permasalahan minimasi biaya produksi di pabrik tersebut dan ketiga, menyelesaikan model yang telah dibangun menggunakan metode grafik guna memperoleh solusi produksi yang optimal. Hasil dari penelitian ini diharapkan tidak hanya bermanfaat secara praktis bagi pengelola Pabrik Karya Utama dalam mengambil keputusan produksi yang lebih efisien, tetapi juga memberikan kontribusi ilmiah sebagai salah satu contoh penerapan riset operasi pada skala industri kecil dan menengah di Indonesia (Setianingsih & Wahyuni, 2021).

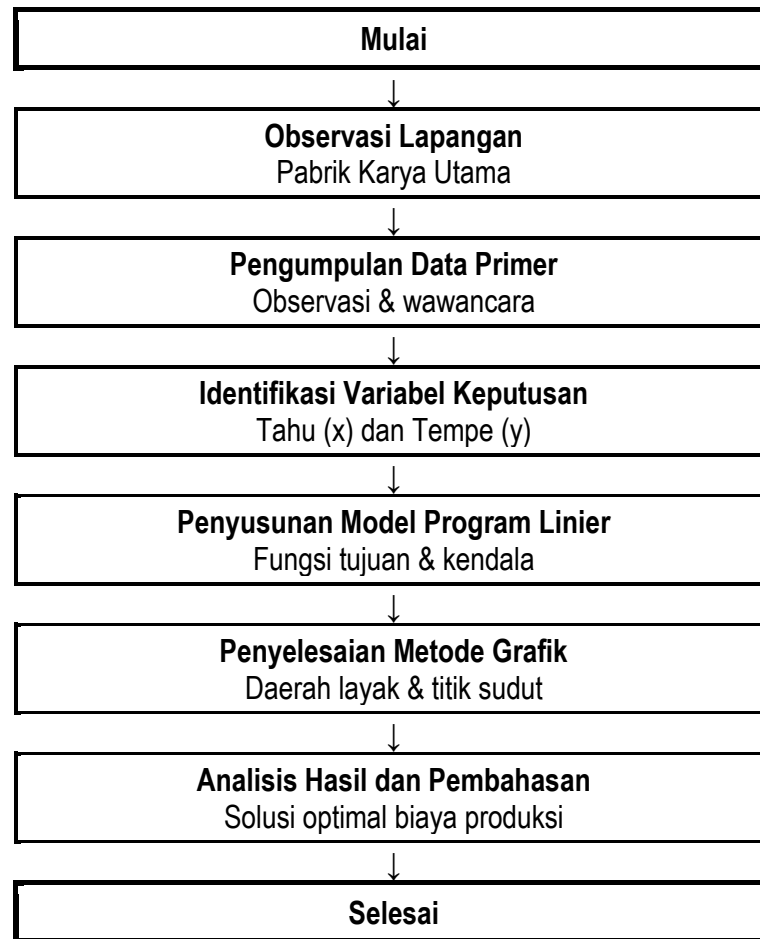
METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian terapan (applied research) dengan pendekatan kuantitatif yang bersifat deskriptif-analitik (Setianingsih & Wahyuni, 2021). Fokus penelitian adalah penerapan model program linier untuk meminimalkan biaya produksi tahu dan tempe pada Pabrik Karya Utama dengan menggunakan metode grafik sebagai teknik penyelesaiannya. Pendekatan kuantitatif dipilih karena permasalahan produksi yang dihadapi dapat dimodelkan secara matematis dengan variabel-variabel yang terukur dan hubungan antarvariabel yang bersifat linier (Taha, 2017). Secara khusus, metode grafik digunakan karena permasalahan hanya melibatkan dua variabel keputusan, yaitu jumlah produksi tahu dan tempe, sehingga penyelesaian pada bidang koordinat dua dimensi dapat dilakukan secara langsung dan hasilnya mudah diinterpretasikan oleh pengelola usaha tanpa memerlukan perangkat lunak khusus (Mulyono, 2017).

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data primer yang diperoleh secara langsung dari lapangan melalui dua teknik utama, yaitu observasi langsung ke lokasi produksi dan wawancara dengan pemilik pabrik (Setianingsih & Wahyuni, 2021). Data primer dikumpulkan dengan cara mengamati secara langsung proses produksi tahu dan tempe di Pabrik Karya Utama, serta menggali informasi secara lisan dari pemilik pabrik mengenai detail operasional yang tidak dapat diperoleh hanya melalui pengamatan. Data yang dikumpulkan mencakup jumlah produksi harian tahu dan tempe, kebutuhan kedelai per kilogram untuk masing-masing produk, kapasitas produksi maksimal harian, biaya produksi per unit tahu (x) dan tempe (y), serta kendala-kendala operasional yang dihadapi pabrik sehari-hari .

Teknik pengumpulan data dilakukan melalui dua cara (Ba'ru & Remme, 2019). Pertama, observasi langsung ke lokasi produksi Pabrik Karya Utama untuk mengamati alur produksi, penggunaan bahan baku, and kapasitas mesin atau peralatan yang tersedia. Kedua, wawancara semi-terstruktur dengan pemilik pabrik untuk mendapatkan informasi yang lebih rinci mengenai biaya-biaya produksi, pola permintaan pelanggan, serta kendala operasional yang dihadapi sehari-hari. Validitas data dijaga melalui konfirmasi silang antara hasil wawancara dengan temuan yang diperoleh selama observasi langsung di lapangan, sehingga informasi yang digunakan dalam pembangunan model matematika benar-benar mencerminkan kondisi aktual pabrik(Setianingsih & Wahyuni, 2021).

Analisis data dilakukan melalui beberapa tahapan yang terstruktur mengacu pada prosedur baku program linier metode grafik (Hillier & Lieberman, 2015) (Mulyono, 2017).



Gambar 1. Flowchart Alur Penelitian

Langkah I: Membuat Model Matematika / Menentukan Variabel. Tahap pertama adalah identifikasi variabel keputusan. Mengikuti notasi yang digunakan dalam pemodelan program linier dua variabel, jenis produk tahu dinyatakan sebagai variabel x dan jenis produk tempe dinyatakan sebagai variabel y (Mulyono, 2017).

Langkah II: Menentukan Fungsi Tujuan. Tahap kedua adalah perumusan fungsi tujuan (objective function) berupa minimasi total biaya produksi, yang dinyatakan sebagai $Z(\min) = c_1x + c_2y$, di mana c_1 adalah biaya produksi per unit tahu dan c_2 adalah biaya produksi per unit tempe yang dihitung berdasarkan data lapangan (Taha, 2017). Secara spesifik pada penelitian ini, fungsinya adalah: $Z(\min) = 3200x + 1500y$.

Langkah III: Menentukan Fungsi Kendala/Batasan. Tahap ketiga adalah penentuan fungsi kendala (constraints) yang mencerminkan keterbatasan nyata dalam proses produksi. Setiap kendala ditulis dalam bentuk pertidaksamaan linier, misalnya $a_1x + b_1y \geq k_1$ untuk kendala minimum kebutuhan bahan atau $a_1x + b_1y \leq k_1$ untuk kendala kapasitas maksimum, sesuai dengan jenis kendalanya (Hillier & Lieberman, 2015). Kendala-kendala yang dimodelkan mencakup: ketersediaan bahan baku kedelai per hari, kapasitas target agen gabungan, serta batas minimum produksi tahu ($x \geq$ batas minimum) dan tempe ($y \geq$ batas minimum) untuk memenuhi permintaan pelanggan tetap

(Mulyono, 2017). Berdasarkan data penelitian, rumus matematis fungsi kendalanya adalah: (1) Ketersediaan kedelai: $0,2x + 0,07y \geq 350 \Rightarrow 20x + 7y \geq 35000$, (2) Target kuota agen: $x + y \geq 2000$, (3) Batas minimum Tahu: $x \geq 1200$, dan (4) Batas minimum Tempe: $y \geq 600$.

Tahap keempat adalah penyelesaian model menggunakan metode grafik. Langkah-langkah penyelesaian metode grafik dilakukan sebagai berikut: (1) Menggambarkan setiap fungsi kendala sebagai garis lurus pada bidang koordinat Kartesius dua dimensi, dengan sumbu horizontal mewakili variabel x (tahu) dan sumbu vertikal mewakili variabel y (tempe). Untuk setiap garis kendala, titik potong dengan sumbu-sumbu koordinat ditentukan terlebih dahulu dengan cara mensubstitusikan $x=0$ untuk mendapatkan titik pada sumbu y , dan $y=0$ untuk mendapatkan titik pada sumbu x . (2) Menentukan daerah penyelesaian layak (feasible region), yaitu irisan semua kendala yang berlaku termasuk syarat non-negatif $x \geq 0$ dan $y \geq 0$. (3) Mengidentifikasi seluruh titik sudut (corner point) dari daerah penyelesaian layak, yaitu titik-titik perpotongan antargaris kendala yang berada di dalam atau pada batas daerah layak, yang diperoleh melalui operasi eliminasi dan substitusi persamaan linier (Taha, 2017). (4) Mengevaluasi nilai fungsi tujuan $Z(\min)=c_1x+c_2y$ pada setiap titik sudut yang diperoleh. Titik sudut yang menghasilkan nilai Z paling minimum merupakan solusi optimal, yaitu kombinasi jumlah produksi tahu dan tempe yang paling hemat biaya (Ba'ru & Remme, 2019).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Temuan Observasi dan Wawancara Lapangan

Berdasarkan serangkaian kegiatan pengumpulan data primer yang meliputi observasi partisipatif dan wawancara mendalam dengan pemilik serta para pekerja, diperoleh berbagai informasi esensial yang menjadi landasan dalam merumuskan penyelesaian optimasi biaya produksi pada industri skala menengah ke bawah ini. Pengelola Pabrik Karya Utama merencanakan untuk memproduksi dua jenis komoditas olahan kedelai, yaitu Tahu dan Tempe. Kedua jenis produk tersebut diproduksi menggunakan bahan baku utama kedelai. Dalam pengamatan langsung di lapangan, alur produksi untuk kedua komoditas ini dikerjakan oleh kelima karyawan melalui beberapa tahapan yang berkesinambungan setiap harinya, mulai dari proses penyortiran kedelai, perendaman, penggilingan, hingga pada tahap akhir yakni pencetakan untuk tahu dan proses pemberian ragi untuk fermentasi tempe.

Sebagai pabrik pengolahan yang menyuplai produk pangan harian ke berbagai wilayah di Jayapura seperti Pasar Pagi, kawasan Polimak, dan Dok, pihak pabrik memiliki ritme operasional yang sangat bergantung pada stabilitas distribusi pasokan. Distribusi bahan baku kedelai memiliki tantangan logistik yang cukup kompleks mengingat pabrik ini sangat bergantung pada kedelai impor. Untuk memenuhi syarat agen pasokan di Surabaya, pabrik harus memproses minimal 350 kg kedelai setiap harinya agar tetap berhak mendapatkan harga grosir Rp600.000 per karung. Persyaratan volume pemrosesan bahan baku ini merupakan perjanjian mutlak dari pihak distributor agar ongkos pengiriman antar pulau tetap efisien dan rantai pasok tidak terhambat. Apabila pihak pabrik gagal menyerap atau memproses bahan baku hingga batas 350 kg tersebut, maka mereka berpotensi dikenakan harga beli bahan baku yang jauh lebih mahal. Kenaikan harga pokok bahan baku ini tentu akan merusak margin keuntungan dan membebani perputaran kas harian pabrik.

Selain tuntutan dari pemasok di hulu, operasional Pabrik Karya Utama juga menghadapi tekanan permintaan dari sektor hilir, yaitu para konsumen dan jaringan distributor perantara lokal. Pabrik telah membangun relasi distribusi jangka panjang dengan para pedagang sayur keliling dan penjaja makanan gorengan. Selain itu, kuota gabungan untuk pasar ditargetkan minimal 2.000 biji per hari. Angka target gabungan minimum ini ditetapkan guna memastikan bahwa biaya transportasi angkutan barang dari lokasi pabrik menuju titik-titik penjualan seperti Pasar Pagi dan Polimak menjadi efisien dan tidak terjadi kekosongan stok di tingkat eceran.

Secara spesifik, dari total kuota gabungan tersebut, tiap-tiap produk memiliki batas serapan dasar di masyarakat. Komoditas Tahu paling sedikit diproduksi 1.200 biji dan komoditas Tempe paling sedikit diproduksi 600 biji per harinya untuk memenuhi permintaan pelanggan tetap. Batas ini berfungsi sebagai nilai perlindungan (*safety net*) stok produksi. Apabila produksi pabrik jatuh di bawah batas minimum komoditas ini, para pelanggan tetap akan merasa tidak puas dan memiliki kecenderungan tinggi untuk beralih mengambil pasokan dari pabrik pengolahan kedelai pesaing di daerah lain.

Dalam penelusuran lebih lanjut terkait struktur pembiayaan harian, wawancara dengan pengelola menemukan bahwa pengeluaran untuk setiap komoditas memiliki bobot yang berbeda. Proses pembuatan tahu memerlukan bahan bakar kayu dalam jumlah yang besar untuk tahap perebusan sari kedelai, membutuhkan alokasi air bersih yang tinggi, serta memakan tenaga kerja ekstra untuk proses pencetakan dan pengepresan. Oleh karena itu, biaya produksi untuk satu biji tahu terakumulasi lebih tinggi, yaitu mencapai Rp3.200 per unit. Sebaliknya, komoditas tempe tidak melalui proses pemanasan panjang paska-perebusan awal, dan lebih berpusat pada penambahan bahan penunjang seperti ragi dan plastik pembungkus, sehingga biaya produksinya relatif dapat ditekan di angka Rp1.500 per unit. Kebutuhan spesifik penyerapan kedelai untuk satu biji tahu adalah sebesar 0,2 kg (atau setara 200 gram), sedangkan satu biji tempe hanya membutuhkan 0,07 kg (atau 70 gram) kedelai murni. Tabel 1 menunjukkan rincian kebutuhan bahan baku kedelai, kontribusi target kuota agen, dan biaya produksi per unit produk berdasarkan temuan riil di lapangan.

Jenis Produk	Kebutuhan Kedelai (kg)	Target Kuota Agen (unit)	Biaya per Unit (Rp)
Tahu (x)	0,2	1	3.200
Tempe (y)	0,07	1	1.500
Minimum Kebutuhan	350 kg	2.000 biji	-

Sumber: Data Primer Pabrik Karya Utama (Diolah, 2026)

(Catatan: Kebutuhan kedelai dalam pemodelan dikalikan 100 agar menjadi bilangan bulat dalam sistem pertidaksamaan linear yaitu $20x + 7y \geq 35000$).

Asumsi Dasar Pemodelan Program Linier

Sebelum menyusun pemodelan matematis, pendekatan riset operasi mensyaratkan beberapa asumsi kelayakan. Pemodelan ini mengasumsikan kondisi proporsionalitas, di mana seluruh komponen biaya dan penggunaan bahan baku akan berlipat ganda secara konstan tanpa adanya diskon tak terduga. Selain itu, digunakan pula asumsi kepastian (certainty), yang berarti seluruh parameter eksternal dan internal, seperti harga jual, harga beli kedelai dari Surabaya, dan pola pesanan dari pedagang Pasar Pagi, Polimak, maupun Dok bersifat tetap (konstan) selama model optimasi ini dijalankan.

Penyusunan Model Program Linier untuk Minimasi Biaya

Berpijak pada struktur data yang komprehensif, proses identifikasi variabel, fungsi tujuan, dan kendala dapat diformulasikan ke dalam rumusan aljabar. Program Linier untuk Masalah Minimasi (Metode Grafik) dapat disusun secara sistematis agar pabrik mampu mendapatkan formulasi terbaik dari alokasi produksinya. Penyelesaian Masalah Operasional Berdasarkan Tahapan Matematis:

Langkah I. Buat model matematika / menentukan variabel:

Penentuan variabel merupakan tahapan inisiasi dalam riset operasi. Variabel di sini merupakan unit-unit entitas yang ingin dicari besaran idealnya oleh manajemen. Pada Pabrik Karya Utama, karena fokus utamanya adalah mengetahui kuantitas dua jenis produk kedelai yang paling optimal untuk diproduksi setiap siklus hariannya, maka dapat ditetapkan dua variabel Keputusan utama:

- Jenis komoditas Tahu = x
- Jenis komoditas Tempe = y

Variabel x dan y ditetapkan menggunakan satuan "biji" atau potong untuk menyesuaikan dengan satuan yang berlaku saat barang tersebut diserahkan kepada pihak pedagang maupun pelanggan tetap harian.

Langkah II. Menentukan fungsi tujuan:

Misi operasional yang ingin dicapai oleh manajemen Pabrik Karya Utama dalam iklim bisnis yang fluktuatif ini adalah menekan serendah mungkin total ongkos pengeluaran per hari untuk perakitan dan operasional kedua produk tersebut. Fungsi tujuan ini mengakumulasi biaya total pembuatan tahu dan biaya total pembuatan tempe. Merujuk pada pemaparan observasi sebelumnya, model fungsi obyektif ini adalah: Minimalkan $Z = 3200x + 1500y$

Nilai Rp3.200 yang disandingkan dengan variabel x merepresentasikan biaya perakitan utuh per satu biji tahu, sementara nilai Rp1.500 pada variabel y adalah serapan biaya pengeluaran untuk per

satu biji tempe. Semakin kecil nilai ekuivalensi (Z) akhir yang didapatkan dari kombinasi variabel, maka akan semakin baik posisi neraca keuangan pabrik tersebut.

Langkah III. Menentukan fungsi kendala / Batasan operasional pabrik:

Setiap operasi bisnis tidak bisa mengeksploitasi variabel keputusan sesuka hati dikarenakan adanya faktor keterbatasan ruang lingkup, kapasitas agen, dan pasokan lokal. Kondisi-kondisi pengekan dari agen Surabaya hingga permintaan dari pasar Dok ini kemudian diubah menjadi bahasa matematis ke dalam 4 fungsi pertidaksamaan, yaitu:

1) Ketersediaan Kedelai (FK 1) : $20x + 7y \geq 35000$

Pertidaksamaan ini adalah konversi matematis dari syarat minimum pemasok Surabaya (minimal 350 kg/hari). Karena 1 unit tahu memerlukan 0,2 kg dan 1 unit tempe membutuhkan 0,07 kg, persamaan aslinya adalah $0,2x + 0,07y \geq 350$. Untuk memudahkan analisis pada diagram grafik agar menghindari bentuk pecahan desimal yang rumit saat penggambaran, seluruh ruas dikalikan seratus sehingga menyisakan bilangan bulat murni ($20x + 7y \geq 35000$).

2) Target Kuota Agen (FK 2) : $x + y \geq 2000$

Persamaan ini berdiri sebagai representasi bahwa penjumlahan total komoditas tahu yang dihasilkan dan komoditas tempe yang siap dipasarkan tidak boleh berjumlah kurang dari batas ekonomis distribusi yaitu sebanyak 2.000 biji. Jika lebih dari angka tersebut, operasional akan dianggap memuaskan.

3) Batas Minimum Tahu (FK 3) : $x \geq 1200$

Kendala spesifik untuk komoditas tahu demi merawat kepuasan konsumen setia dan penjual warung makan lokal. Tingkat kuantitas minimum adalah 1.200 unit per hari.

4) Batas Minimum Tempe (FK 4) : $y \geq 600$

Sama halnya dengan komoditas tahu, pasar tempe membutuhkan kepastian suplai harian sehingga tidak diizinkan untuk memproduksi kurang dari 600 unit per siklus harian. Serta syarat non-negatif : $x \geq 0, y \geq 0$ Ini merupakan kaidah fundamental dalam matematika terapan. Barang produksi yang berwujud fisik di dunia nyata mustahil bernilai negatif secara kuantitatif.

Langkah IV. Mencari titik koordinat pada setiap fungsi batasan / garis kendala:

Agar model matematis ini bisa direalisasikan ke dalam wujud visual berdimensi dua, pertidaksamaan fungsi kendala harus dicari intersepsinya (titik potong antar sumbu) dengan merubah lambang pertidaksamaan menjadi lambang persamaan kesetaraan. Evaluasi sumbu X terjadi saat variabel Y di-nol-kan, dan sebaliknya:

- FK 1 (Kedelai): $20x + 7y = 35000$

Jika $x = 0$, maka $y = 35000 / 7 = 5000$. (Titik pertama: 0, 5000). Interpretasi praktis dari titik ini adalah, apabila secara ekstrem pabrik memutuskan untuk sama sekali tidak memasak tahu hari ini, maka jatah kedelai 350 kg hanya akan bisa menghasilkan secara utuh 5.000 potong tempe.

Jika $y = 0$, maka $x = 35000 / 20 = 1750$. (Titik kedua: 1750, 0). Sebaliknya, jika pabrik menolak membuat tempe, maka 350 kg kedelai itu hanya bisa menjadi 1.750 buah tahu.

- FK 2 (Kuota Agen): $x + y = 2000$

Jika $x = 0$, maka $y = 2000$. (Titik pertama: 0, 2000)

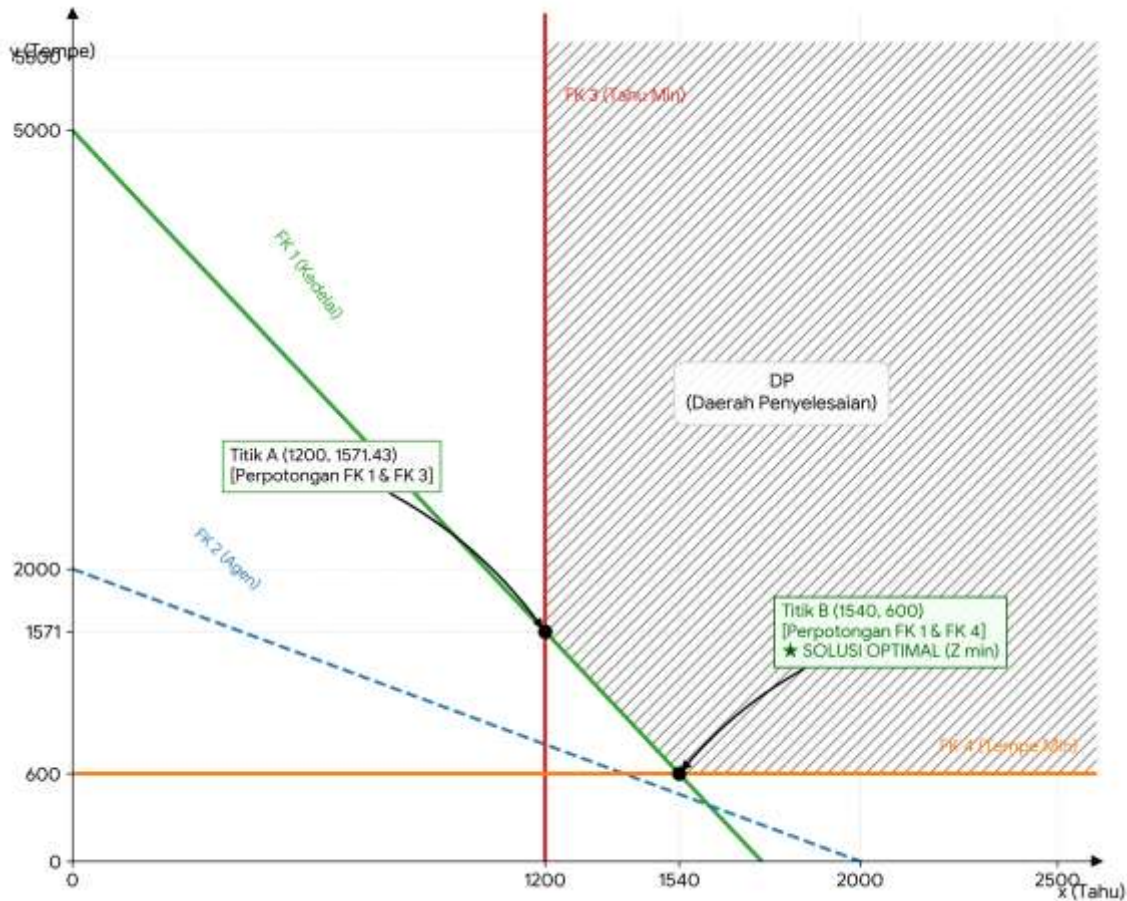
Jika $y = 0$, maka $x = 2000$. (Titik kedua: 2000, 0)

- FK 3 (Batas Tahu): $x = 1200$. Garis ini tidak memiliki intersep pada sumbu Y karena ia sejajar secara vertikal dengan sumbu Y pada nilai X sebesar 1.200.

- FK 4 (Batas Tempe): $y = 600$. Berlawanan dengan tahu, batas ini adalah garis lurus konstan sejajar horizontal yang menyentuh sumbu Y tepat pada nilai 600.

Langkah V. Menggambar Grafik & Analisis Daerah Penyelesaian Layak (DP):

Sumbu koordinat yang telah dipetakan kemudian divisualisasikan. Setiap perpotongan arsir arah panah dari empat syarat batasan tersebut akhirnya mengurung sebuah ruang khusus, yang di dalam teori penyelesaian riset operasi disebut sebagai Daerah Penyelesaian atau Feasible Region. Mengingat jenis persamaannya adalah meminimalkan batasan minimum (\geq), maka area perpotongannya terbuka secara tidak terhingga ke arah sisi kanan dan sisi atas ruang kartesius. Titik ekstrem yang menyentuh perbatasan area inilah yang menyimpan kunci dari optimasi efisiensi biaya.



Gambar 2. Grafik Solusi Optimal Program Linier Pabrik Karya Utama

Dari pengamatan langsung pada irisan grafis di atas, teridentifikasi ada dua titik simpul kritis utama yang membingkai pinggiran area penyelesaian yang valid, yang kemudian dinamakan sebagai Titik A dan Titik B. Kita perlu mengurai titik pastinya melalui proses substitusi dan eliminasi aljabar persamaan linear:

- Mencari Koordinat Titik A (Perpotongan antara FK 1 dan FK 3):

Titik koordinat A tercipta dari benturan tegak lurus antara batasan kuota ketersediaan kedelai dengan batasan pemenuhan pesanan minimum tahu secara eksklusif.

$$FK\ 1 : 20x + 7y = 35000$$

$$FK\ 3 : x = 1200$$

Substitusi: $20(1200) + 7y = 35000 \Rightarrow 24000 + 7y = 35000 \Rightarrow 7y = 11000 \Rightarrow y = 1571,43$ Koordinat Titik A = (1200; 1571,43). Secara realitas manufaktur, pecahan desimal pada produksi bahan makanan harus dibulatkan. Jika pabrik memilih beroperasi pada strategi titik A ini, mereka diwajibkan untuk merebus 1.200 tahu namun memproduksi tempe dalam skala yang melonjak hingga 1.572 buah.

- Mencari Koordinat Titik B (Perpotongan antara FK 1 dan FK 4):

Simpul B merupakan hasil potong antara garis beban kapasitas kedelai berhadapan dengan garis batas komitmen pesanan tempe harian dari pasar lokal.

$$FK\ 1 : 20x + 7y = 35000$$

FK 4 : $y = 600$

Substitusi: $20x + 7(600) = 35000 \Rightarrow 20x + 4200 = 35000 \Rightarrow 20x = 30800 \Rightarrow x = 1540$

Koordinat Titik B = (1540; 600). Profil kuantitatif pada simpul strategi ini adalah mencetak 1.540 tahu sambil menahan angka pencetakan tempe pada taraf 600 buah saja.

Langkah VI. Substitusi Evaluasi Nilai Fungsi Tujuan untuk Mencari Z_{minimum} :

Tahap kulminasi (puncak) dari metode grafik adalah dengan mempertarungkan kembali titik-titik kandidat solusi (Titik A dan Titik B) ke dalam rumus fungsi pencari biaya obyektif ($Z = 3200x + 1500y$) yang sebelumnya telah dirumuskan pada Langkah II. Evaluasi substitusi ini diperlukan untuk menentukan angka pengeluaran paling dasar.

1) Uji Titik A (1200; 1571,43):

$Z = 3200(1200) + 1500(1571,43) = 3.840.000 + 2.357.145 = \text{Rp}6.197.145.$

Analisa nilai ini menunjukkan, apabila pabrik mengadopsi taktik di koordinat A secara buta, arus modal harian yang terkuras akan menembus angka di atas 6,1 juta rupiah.

2) Uji Titik B (1540; 600):

$Z = 3200(1540) + 1500(600) = 4.928.000 + 900.000 = \text{Rp}5.828.000.$

Solusi biaya produksi paling hemat minimum berada pada Titik B dengan total pengeluaran sebesar Rp5.828.000 per hari (1.540 biji tahu dan 600 biji tempe).

Analisis Lanjutan dan Implikasi Manajerial

Angka solusi final hasil kalkulasi riset operasi ini menyediakan ruang pandang strategis dan rasionalitas yang selama ini mungkin luput dari intuisi pengambilan keputusan pengelola konvensional. Apabila manajemen Pabrik Karya Utama beralih dari kebiasaan pola produksi tak teratur dan menetapkan haluan operasi standar ke Titik B secara disiplin, terjadi selisih penghematan biaya finansial yang substansial. Jika diperbandingkan, taktik Titik B menghemat dana modal harian pabrik sebesar Rp369.145 (dari perhitungan selisih Rp6.197.145 - Rp5.828.000). Jika akumulasi selisih kelebihan ini dikalikan ke dalam satu periode produktif bulanan selama rata-rata 30 hari operasional, pihak manajemen mampu menjaga lebih dari Rp11.000.000 per bulan uang tunai agar tidak terbuang sia-sia menjadi sisa ampas produksi dan barang yang tak terserap pasar.

Selain efisiensi uang, Titik B memberikan jaminan pemenuhan komitmen kepada semua mata rantai bisnis di lapangan. Kombinasi cetakan 1.540 tahu dan 600 tempe (dengan total kumulatif 2.140 barang produk jadi) sudah melebihi kriteria persetujuan target gabungan harian agen penjual yang mematok standar 2.000 unit. Di sisi pengolahan bahan hulu pun, akumulasi dari strategi titik B ini sempurna untuk menunaikan tagihan syarat distributor dari wilayah Surabaya (penggunaan absolut senilai tepat 350 kg bahan baku, hasil dari perhitungan: $20(1540) + 7(600) = 30800 + 4200 = 35000$), mengamankan lisensi potongan harga beli istimewa untuk pihak pabrik.

Terdapat pelajaran menarik dan melawan dugaan tradisional di balik pemecahan linear ini. Secara tebakan naluri, orang mungkin berprasangka bahwa karena biaya pengerjaan pembuatan sebuah tempe (Rp1.500) terlihat separuh kali lipat jauh lebih murah di atas kertas dibandingkan pengeluaran memproduksi sepotong tahu (Rp3.200), memfokuskan pengerjaan secara massal pada pencetakan tempe merupakan taktik tercepat untuk menekan bujet kas harian. Akan tetapi, metode ilmiah grafik mematahkan hal itu. Kendala utama operasional terletak pada tingkat volume penghabisan kedelai (serapan minimal 350 kg). Oleh karena tempe memiliki rasio serapan kedelai

yang teramat kecil per bijinya (hanya 0,07 kg) dibandingkan tahu (0,2 kg), mengejar target pemrosesan 350 kg kedelai menggunakan jalur tempe mewajibkan pabrik untuk mencetak produk tempe dalam jumlah yang membengkak luar biasa besarnya. Hal ini akhirnya justru menaikkan biaya kumulatif, serta membawa pabrik ke dalam skenario kelebihan stok barang (overstock) di mana pasokan tempe yang melimpah tidak akan sanggup terjual seluruhnya oleh daya beli warga lokal dalam satu hari yang sama, menyebabkan pembusukan barang dan mendatangkan kerugian yang jauh lebih dahsyat.

Berdasarkan analisis mendalam di atas, pemetaan grafis dari penyelesaian matematis membuktikan keampuannya sebagai perangkat pemandu keputusan yang tidak hanya tepat secara akademis, namun juga aplikatif dan mudah diimplementasikan secara teknis untuk mendukung keberlangsungan hidup ekonomi pengusaha pabrik komoditas harian di Tengah ketidakstabilan logistik dari luar pulau. Kombinasi presisi 1.540 komoditas tahu dan 600 komoditas tempe harian layak diadopsi oleh pihak manajerial sebagai pedoman dasar lini produksi utama agar target efisiensi maksimal senantiasa terjaga dari hari ke hari.

ANALISIS/DISKUSI

Interpretasi Matematis Titik Sudut Ekstrem dan Implikasi Solusi

Berdasarkan perhitungan matematis yang telah diuraikan, model program linier minimasi biaya Pabrik Karya Utama telah diselesaikan secara definitif menggunakan metode grafik dua dimensi. Titik optimal operasional ditemukan secara tepat pada koordinat B dengan nilai x (tahu) 1.540 unit dan y (tempe) 600 unit, menghasilkan total pengeluaran minimum Rp5.828.000 per hari. Dalam tinjauan konseptual riset operasi, penemuan titik penyelesaian optimal ini sejalan sepenuhnya dengan Teorema Titik Sudut (Corner-Point Feasibility Theorem). Teorema tersebut menyatakan bahwa jika masalah program linier memiliki ruang penyelesaian yang layak (feasible region) dan memiliki solusi optimal terikat, maka solusi pasti selalu jatuh pada salah satu titik sudut ekstrem dari poligon penyelesaian tersebut. Pemilihan Titik B dibandingkan alternatif titik ekstrem terdekatnya yaitu Titik A (1.200, 1.571) membuktikan bahwa algoritma matematis merambat secara presisi menyusuri garis fungsi objektif untuk mencari perpotongan terendah pada fungsi $Z = 3200x + 1500y$. Keputusan program untuk mengerucut pada Titik B bukanlah kebetulan matematis semata. Hal ini merupakan manifestasi rasional interaksi kompleks antara bobot biaya produksi per komoditas dengan beban material kuantitatif dari pemasok hulu. Pendekatan grafis ini telah membedah anatomi biaya pabrik dan mengeliminasi unsur tebakan (guesswork) yang selama ini diandalkan pemilik pabrik.

Penafsiran Variabel Slack dan Surplus dalam Kapasitas Produksi

Model optimasi industri yang komprehensif tidak hanya sekadar menguraikan target pencapaian, tetapi juga mendeskripsikan secara transparan kapasitas atau ruang Gerak cadangan yang tersisa. Dalam terminologi baku riset operasi, selisih kuantitatif antara nilai ruas kiri (penyerapan aktual) dengan nilai ruas kanan (batas kendala absolut) pada system pertidaksamaan linier disebut variabel slack atau variabel surplus. Pada kasus analisis Pabrik Karya Utama ini, hasil pemodelan mengungkap dua kendala yang bersifat longgar (non-binding constraints), yaitu kendala pemenuhan target kuota agen (FK 2) dan kendala perlindungan batas minimum produksi tahu (FK

3).

Untuk evaluasi kendala target kuota agen gabungan ($x + y \geq 2000$), total produksi aktual pada titik solusi B adalah 1.540 tahu ditambah 600 tempe (2.140 unit barang jadi). Terdapat surplus kelebihan produksi 140 unit di atas ambang batas ekonomi 2.000 unit yang disyaratkan oleh jalur distribusi. Dari kacamata strategi analisis bisnis dan manajemen risiko rantai pasok, angka surplus 140 unit ini berfungsi esensial sebagai penyangga pengaman (buffer capacity) yang strategis. Jika terjadi lonjakan permintaan mendadak dari para pedagang sayur keliling di Dok atau area Pasar Pagi, pengelola tidak perlu memaksakan proses produksi tambahan (crash program) yang memakan biaya lembur, melainkan cukup mendistribusikan bantalan persediaan 140 unit ini ke pasar bebas.

Sementara itu, untuk kendala batas minimum pencetakan tahu ($x \geq 1200$), tingkat produksi aktual terprogram menyentuh angka 1.540 unit, mengindikasikan adanya surplus ketersediaan tahu sebanyak 340 unit setiap harinya. Kelebihan alokasi kuantitas margin ini memegang peranan preventif krusial mengingat wujud organik komoditas tahu yang bertekstur lunak. Tahu jauh lebih rentan hancur atau mengalami cacat (defect) selama fase perebusan bersuhu ekstrem dan pencetakan mekanis dibandingkan stabilitas kepadatan fisik fermentasi tempe. Kehadiran surplus toleransi 340 unit ini menyuntikkan jaminan kepastian kelancaran operasional logistik; ia memastikan bahwa sekalipun terjadi probabilitas tingginya produk tahu yang gagal cetak akibat kesalahan manusia (human error), komitmen pasokan minimum dasar sebesar 1.200 unit untuk merawat loyalitas agen pedagang eceran langganan akan senantiasa terpenuhi seutuhnya.

Analisis Paradoks Efisiensi Produksi: Mengurai "Jebakan Tempe"

Pilar temuan analitis paling krusial dan bersifat berlawanan dengan intuisi (berasal murni dari sintesis ide kritis peneliti) dari resolusi pemodelan matematis ini adalah terungkapnya sebuah anomali atau paradoks efisiensi manufaktur. Fenomena ini sepenuhnya bertolak belakang dengan intuisi dasar penalaran hitung-hitungan awam. Secara psikologis, seorang pengelola pabrik tradisional akan memiliki tendensi kuat berasumsi bahwa memprioritaskan jadwal produksi tempe secara masif merupakan jalan pintas tercepat memangkas pengeluaran kas. Keputusan ini dijustifikasi oleh fakta empiris di lapangan bahwa biaya produksi pembuatan satu unit tempe secara absolut hanyalah berkisar di angka Rp1.500. Angka ini kurang dari separuh beban biaya produksi tahu yang mencapai titik tertinggi di angka Rp3.200 per unit. Logika tradisional akan mendikte strategi: "Perbanyak kuantitas volume produksi tempe hingga batas teratas pabrik, dan tekan jumlah persentase produksi tahu ke titik seminimum mungkin agar kas pabrik bisa dihemat secara maksimal". Ironisnya, hasil pengolahan matematis rasional membongkar skenario berkebalikan seratus delapan puluh derajat. Program linier dengan tegas menekan tingkat produksi tempe jatuh ke level batas dasar absolut yang diizinkan (600 unit) sembari secara agresif memaksa tuas volume pencetakan tahu untuk melesat tanpa henti hingga menyentuh 1.540 unit.

Kunci jawaban anomali ini tersembunyi erat pada "Kendala Mengikat" (Binding Constraint) dari pihak agen pemasok kedelai berskala besar di Surabaya. Secara operasional, mereka mewajibkan agar pabrik selaku pembeli menyerap pasokan volume minimal 350 kg kedelai murni setiap harinya demi mempertahankan potongan tarif grosir. Analisis teknis konversi mentah mengindikasikan bahwa komoditas tempe memiliki laju serapan kedelai yang teramat lambat dan hemat. Secara harfiah, satu blok tempe fermentasi hanya sanggup menghabiskan porsi 0,07 kg biji kedelai utuh.

Karakteristik ini sangat kontras dengan takaran satu blok tahu yang memiliki daya serap material jauh lebih rakus, memakan takaran 0,2 kg kedelai.

Apabila pabrik Karya Utama memaksakan alur logika awam dengan membanjiri jalur produksi tempe demi mengejar target serapan kewajiban 350 kg kedelai tersebut, pihak pabrik akan dijejaki oleh keadaan matematis untuk memproduksi tempe dalam jumlah hiperbolis: 350 kg dibagi 0,07 kg sama dengan 5.000 unit tempe. Total biaya kas keras harian yang harus digelontorkan untuk membiayai pembuatan 5.000 unit tempe adalah 5.000 dikali Rp1.500 sama dengan Rp7.500.000. Sebaliknya, apabila lanskap skenario tersebut dibalik dan manajemen mendireksikan secara penuh seluruh kewajiban penghabisan alokasi 350 kg kedelai hanya melalui jalur fasilitas tahu, perhitungannya menjadi: 350 kg dibagi 0,2 kg sama dengan 1.750 unit tahu. Beban pembiayaan ongkos kas untuk mencetak 1.750 unit tahu tersebut hanya ekuivalen dengan 1.750 dikali Rp3.200 yang bermuara pada angka Rp5.600.000.

Di ruang simulasi komparatif inilah inti hakikat efisiensi tersembunyi menampakkan wujud aslinya. Beban finansial korporat untuk melunasi kewajiban target penyerapan menggunakan komoditas "lebih mahal" (tahu) secara paradoksikal justru berakhir jauh lebih murah (Rp5,6 juta) apabila disandingkan secara langsung (head-to-head) dengan memaksakan penggunaan komoditas "lebih murah" (tempe) yang malah membuat pembengkakan anggaran membludak hingga Rp7,5 juta. Realitas pabrik tentu saja masih terikat komitmen pesanan pemeliharaan pangsa pasar untuk mencetak minimal 600 tempe per harinya. Oleh karena itu, 600 unit tempe tersebut dieksekusi terlebih dahulu dengan menyerap 42 kg porsi kedelai (600 unit x 0,07 kg). Sisa tumpukan kewajiban batas penyerapan kedelai sebesar 308 kg yang belum tuntas kemudian dialokasikan secara eksklusif seratus persen dimasak di lini produksi tahu, melahirkan 1.540 unit tahu final (308 kg dibagi 0,2 kg). Penjabaran ini memvalidasi pandangan teori ekonomi bahwa predikat "biaya per unit murah" sama sekali tidak menjamin terciptanya struktur biaya total harian yang paling ekonomis manakala berhadapan dengan benturan dinding batasan kuantitatif absolut yang mengikat dari entitas hierarki yang lebih tinggi.

Sensitivitas Model dan Dampak Ekonomi Ketahanan Lokal

Dalam kerangka analisis pasca-optimalitas (post-optimality analysis), interaksi posisi perpotongan antara garis batas kendala FK 1 (Ketersediaan Kewajiban Serapan Kedelai) dan garis demarkasi FK 4 (Batas Minimum Pesanan Tempe) yang saling bertumbukan presisi di jantung lokomotif Titik B menyalakan sinyal peringatan krusial. Dalam leksikon riset operasi, entitas persilangan garis kendala yang menyerap totalitas kapasitas sumber daya hingga menyentuh ekuilibrium nol tanpa menyisakan margin slack diakui sebagai kendala mengikat (binding constraints) yang dominan. Fakta analitis bahwa klausul besaran tonase kedelai bersifat "mengikat" membuka pemahaman bahwa pabrik berada dalam kondisi rentan. Setiap riak perubahan kebijakan kuota minimal oleh agen distributor Surabaya akan merombak secara destruktif seluruh lanskap pembiayaan pabrik.

Di sisi sebaliknya, hal ini mempersenjatai manajemen Pabrik Karya Utama dengan justifikasi matriks data kuantitatif yang solid. Mereka dapat menggunakan dokumen komputasi analitik ini untuk duduk berhadapan langsung mengeksekusi manuver negosiasi ulang kontrak kerja sama bersama agen penyuplai kedelai. Apabila manuver diplomasi berhasil memaksa agen menurunkan syarat

batas penyerapan suplai kedelai dari 350 kg per harinya, maka kanvas teritori daerah penyelesaian layak (feasible region) akan mengalami ekspansi signifikan ke wilayah kuadran bawah, memicu terbukanya celah kebebasan pergerakan lokomotif matematis mencari titik ekuilibrium ekstrem (corner point) baru yang dijamin akan jauh mereduksi ongkos kas lebih dalam.

Lebih luas lagi, stabilitas operasional Pabrik Karya Utama lewat penerapan efisiensi Titik B ini membawa signifikansi krusial pada ketahanan logistik pangan protein wilayah Jayapura. Masyarakat akar rumput terbukti mengidap level indeks kepekaan dan derajat sensitivitas elastisitas harga yang tajam merespon fluktuasi komoditas pangan. Implementasi Titik B berpotensi menyelamatkan nyawa neraca keuangan internal dari jurang kebangkrutan tanpa mengorbankan stabilitas harga jual komoditas ke tangan pelanggan. Penerapan sains riset operasi dalam ekosistem manufaktur UMKM ini tidak hanya melahirkan deretan angka akademis di atas laporan laba-rugi belaka, namun esensinya juga berevolusi menjadi perisai perlindungan kesejahteraan ekonomi gizi terjangkau bagi ribuan penduduk sipil setempat.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis, perhitungan matematis, serta pembahasan mendalam yang telah diuraikan pada bab-bab sebelumnya mengenai pemodelan optimasi biaya di Pabrik Karya Utama, maka kesimpulan utama penelitian dapat dirumuskan secara komprehensif sebagai berikut:

Karakteristik operasional Pabrik Karya Utama berhasil diidentifikasi and ditransformasikan secara presisi ke dalam struktur model Program Linier dua variabel yang valid. Model ini menempatkan kuantitas produksi harian komoditas Tahu sebagai variabel keputusan x dan volume komoditas Tempe sebagai variabel keputusan y . Sasaran minimasi total biaya operasional dikunci ke dalam fungsi tujuan matematis $Z = 3200x + 1500y$, yang dibatasi secara ketat oleh empat pilar kendala operasional riil di lapangan, yaitu syarat minimal serapan pasokan dari distributor Surabaya sebesar 350 kg kedelai per hari ($20x + 7y \geq 35000$), batas minimum efisiensi distribusi pasar agen gabungan ($x + y \geq 2000$), komitmen dasar pesanan tahu pelanggan lokal ($x \geq 1200$), serta komitmen dasar suplai tempe harian ($y \geq 600$).

Melalui penerapan metode grafik pasca-pemetaan wilayah penyelesaian layak (feasible region), diperoleh keputusan bahwa solusi optimal operasional harian yang menghasilkan total pengeluaran paling hemat berada tepat pada koordinat ekstrem Titik B (1540, 600). Solusi kuantitatif ini mewajibkan pihak manajemen pabrik untuk mengalokasikan kapasitas produksinya secara konsisten sebesar 1.540 biji tahu dan menetapkan volume produksi tempe di angka pas 600 biji setiap harinya. Kombinasi pengerjaan kuantitas produk tersebut terbukti secara ilmiah melahirkan nilai fungsi tujuan paling ekonomis, yaitu mengunci total pengeluaran modal produksi harian pabrik pada angka terendah senilai Rp5.828.000 per hari murni berbasis data terukur.

Studi ini berhasil menyingkap fenomena "Jebakan Tempe" sebagai sebuah paradoks manajerial laten. Melalui pembuktian linear, pengalokasian bahan baku kedelai harian yang digenjut secara agresif pada lini produksi tahu (1.540 unit) terbukti jauh lebih efisien untuk menunaikan denda beban kuota penyerapan impor harian seberat 350 kg dibandingkan apabila manajemen terbuai memperbanyak volume tempe yang biaya satuannya terlihat murah namun memiliki rasio penyerapan kedelai terlalu kecil. Pola Titik B terbukti secara nyata mampu menyelamatkan arus kas

modal harian dari inefisiensi pengeluaran sebesar Rp369.145 per hari jika dikomparasikan dengan pengadopsian taktik Titik A. Dalam jangka panjang, kedisiplinan eksekusi operasional ini memberikan dampak multiplisitas penghematan korporat massif melampaui Rp11.000.000 per bulannya.

Alokasi optimal Titik B sukses menciptakan titik temu keseimbangan (win-win solution) yang sempurna antara sektor hulu dan hilir rantai pasok. Total kuantitas output gabungan sebesar 2.140 unit terbukti telah melampaui ambang batas perjanjian distribusi logistik (2.000 unit), sekaligus mengamankan jaminan kontrak potongan harga grosir kedelai dari Surabaya karena sukses menyerap habis kuota minimal 350 kg bahan baku secara presisi tanpa menyisakan bahan sisa yang membusuk tak terolah. Model kuantitatif ini sah bertransformasi menjadi instrumen manajerial yang aplikatif bagi industri kecil menengah untuk mempertahankan margin keuntungan finansial internal, menjaga kesejahteraan para pekerja, sekaligus membentengi ketahanan pangan regional lewat suplai komoditas protein nabati murah yang stabil and berkelanjutan bagi seluruh lapisan konsumen tradisional di kota Jayapura.

DAFTAR PUSTAKA

- Abidah, A. N., Kustiawati, D., Oktaviani, A. N., Syauqiyah, P. S., & Usman, S. M. N. (2022). Penerapan Program Linear dalam Memaksimalkan Keuntungan Produksi Penjualan Menggunakan Metode Grafik. *Jurnal Pendidikan Dan Konseling (JPDK)*, 4(6), 4880–4887.
- Astawan, M. (2009). *Sehat dengan Hidangan Kacang dan Biji-Bijian*. Penebar Swadaya.
- Ba'ru, Y., & Remme, B. V. (2019). Penerapan Metode Grafik dalam Merencanakan Produksi Kue Ibu Patrisia di Rantelemo. *Jurnal Keguruan Dan Ilmu Pendidikan*, 8(1), 21–25.
- Hillier, F. S., & Lieberman, G. J. (2015). *Introduction to Operations Research* (10th ed.). McGraw-Hill.
- Mulyono, S. (2017). *Riset Operasi* (Edisi ke-2). Lembaga Penerbit Fakultas Ekonomi Universitas Indonesia.
- Putra, R. A., & Sari, N. (2020). Minimasi Biaya Bahan Baku dengan Program Linier pada Industri Manufaktur Skala Kecil. *Jurnal Ilmiah Teknik Industri*, 19(1), 32–40.
- Rachman, H. P. S., & Ariani, M. (2008). Aksesibilitas Pangan Masyarakat Berpendapatan Rendah terhadap Pangan di Perdesaan. *Analisis Kebijakan Pertanian*, 6(2), 149–170.
- Setianingsih, T., & Wahyuni, A. (2021). Penerapan Program Linier untuk Optimasi Biaya Produksi pada Usaha Kecil Menengah. *Jurnal Matematika Dan Terapan*, 3(1), 45–53.
- Susanto, E., & Lestari, D. (2020). Penggunaan Program Linier dalam Perencanaan Produksi Optimal pada Industri Pangan Skala Kecil. *Jurnal Teknik Industri*, 12(2), 87–96.
- Taha, H. A. (2017). *Operations Research: An Introduction* (10th ed.). Pearson Education.