

OPTIMALISASI PRODUKSI PERCETAKAN ZAHWA PUTRA MENGGUNAKAN INTEGER LINEAR PROGRAMMING DENGAN METODE BRANCH AND BOUND

Citra

Program Studi Matematika, Universitas Sriwijaya, Indonesia

citraa54045@gmail.com*

Fitri Maya Puspita

Departemen Matematika, Universiti Sains Islam, Malaysia

fitrimayapuspita@unsri.ac.id

Sisca Octarina

Departemen Matematika, Universitas Sriwijaya, Indonesia

sisca_octarina@unsri.ac.id

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan jumlah produksi pada Percetakan Zahwa Putra dengan menggunakan metode Integer Linear Programming (ILP) dan teknik penyelesaian Branch and Bound. Permasalahan yang dihadapi percetakan adalah belum optimalnya penentuan jumlah produksi akibat keterbatasan waktu mesin, ketersediaan bahan baku, dan variasi permintaan pelanggan yang tidak menentu. Melalui pendekatan riset operasi, penelitian ini menyusun model matematis yang terdiri atas fungsi tujuan untuk memaksimalkan keuntungan dan sejumlah kendala produksi yang harus dipenuhi. Proses penyelesaian model menggunakan Branch and Bound menghasilkan kombinasi produksi yang memberikan keuntungan maksimal sesuai kondisi operasional yang ada. Hasil penelitian menunjukkan bahwa model ILP mampu memberikan solusi produksi yang lebih efektif dibandingkan metode manual, dengan prioritas pengalokasian sumber daya pada produk yang memiliki margin keuntungan terbesar. Temuan ini menegaskan bahwa penerapan metode optimasi matematis dapat meningkatkan efisiensi, mendukung pengambilan keputusan yang lebih rasional, serta memberikan manfaat signifikan bagi pengembangan strategi produksi di Percetakan Zahwa Putra.

Kata Kunci: Branch and Bound, Integer Linear Programming, Optimalisasi Produksi Riset Operasi, Percetakan.

Abstract

This study aims to optimize the production quantity at Zahwa Putra Printing by applying the Integer Linear Programming (ILP) method and the Branch and Bound solution technique. The main problem faced by the printing business is the suboptimal production planning caused by limited machine time, constrained raw material availability, and fluctuating customer demand. Through an operations research approach, a mathematical model was developed consisting of an objective function to maximize profit and several production constraints that must be satisfied. The model was solved using the Branch and Bound technique, which produced a combination of production quantities that yields maximum profit under the existing operational limitations. The results show that the ILP model provides a more effective production solution compared to traditional manual methods, with optimal resource allocation directed toward products with the highest profit margins. These findings indicate that the application of mathematical optimization methods can enhance efficiency, support more rational decision-making, and offer significant benefits for production strategy improvement at Zahwa Putra Printing.

Keywords: Branch and Bound, Integer Linear Programming, Operations Research, Printing Industry, Production Optimization.

PENDAHULUAN

Industri percetakan merupakan salah satu sektor usaha yang memiliki peranan penting dalam pemenuhan kebutuhan masyarakat akan berbagai

jenis media cetak, mulai dari dokumen administratif, undangan, brosur, banner, hingga media promosi lainnya. Menurut (Heizer dan Render, 2017), pengelolaan produksi yang baik memegang peranan krusial dalam meningkatkan efisiensi dan daya saing

usaha, terutama pada industri yang memiliki variasi produk dan permintaan yang dinamis. Pada usaha percetakan, pengaturan alur produksi yang tepat sangat diperlukan karena setiap jenis produk yang dihasilkan memiliki kebutuhan bahan baku, kapasitas mesin, dan waktu pengerjaan yang berbeda. Apabila pengelolaan ini tidak dilakukan secara optimal, maka dapat terjadi pemborosan, keterlambatan pengerjaan, hingga menurunnya profit usaha. Oleh karena itu, pendekatan berbasis perhitungan matematis sangat diperlukan untuk membantu pelaku usaha menentukan keputusan produksi yang lebih akurat dan efisien.

Percetakan Zahwa Putra merupakan salah satu usaha percetakan yang menghadapi persoalan pengaturan jumlah produksi setiap periode. Selama ini, keputusan produksi lebih banyak dilakukan berdasarkan intuisi, pengalaman operator, atau perkiraan sederhana tanpa analisis matematis yang mendalam. Hal tersebut menyebabkan hasil produksi tidak selalu sesuai dengan kapasitas yang tersedia sehingga berpotensi menimbulkan kelebihan beban kerja pada mesin atau penggunaan bahan baku yang tidak efisien. Kondisi ini sejalan dengan pendapat (Stevenson, 2018) yang menyatakan bahwa usaha kecil dan menengah sering kali mengalami inefisiensi produksi akibat belum menerapkan metode optimasi yang tepat dalam manajemen operasional. Dengan meningkatnya jumlah pesanan dan variasi jenis produk yang dicetak, Percetakan Zahwa Putra membutuhkan suatu pendekatan kuantitatif yang dapat memberikan keputusan produksi optimal sesuai batasan kapasitas dan sumber daya.

Beberapa penelitian sebelumnya terkait optimalisasi produksi pada usaha kecil menengah telah menggunakan berbagai metode analisis, namun sebagian besar belum menerapkan model matematika berbasis optimasi. Misalnya, penelitian oleh (Sari & Harahap, 2021) hanya melakukan perhitungan kebutuhan bahan dan analisis biaya produksi tanpa mengarah pada pencarian solusi optimal. Demikian pula penelitian oleh (Andriani, 2020), yang menjelaskan pola produksi pada industri percetakan namun belum menjelaskan bagaimana menentukan kombinasi output terbaik. Kekurangan penelitian tersebut adalah tidak adanya penggunaan pendekatan matematis seperti *integer linear programming* (ILP), padahal model ini sangat relevan

karena jumlah barang produksi merupakan bilangan bulat. Menurut (Winston, 2004), ILP merupakan salah satu metode paling efektif untuk menyelesaikan masalah keputusan dalam produksi karena mampu mengakomodasi berbagai batasan dan menemukan solusi optimal secara sistematis.

Berdasarkan celah penelitian sebelumnya, penelitian ini mengembangkan pendekatan baru dengan menerapkan *Integer Linear Programming* dan metode *Branch and Bound* untuk mengoptimalkan jumlah produksi di Percetakan Zahwa Putra. Metode Branch and Bound dipilih karena mampu menyelesaikan model ILP secara menyeluruh dan menjamin solusi yang diperoleh merupakan solusi optimal (Hillier & Lieberman, 2015). Melalui penerapan model matematis yang terstruktur, penelitian ini bertujuan memberikan hasil berupa jumlah produksi terbaik untuk setiap jenis produk dengan mempertimbangkan keterbatasan kapasitas mesin, tenaga kerja, dan ketersediaan bahan baku. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi baik bagi pengembangan manajemen produksi di usaha percetakan maupun bagi literatur ilmiah terkait optimasi produksi pada usaha kecil dan menengah.

METODE

Metode analisis yang digunakan adalah riser operasi (*operational research*) yang bertujuan mencari solusi optimal berdasarkan perhitungan matematis dan teknik optimasi. (Render, Stair, dan Hanna, 2018) menjelaskan bahwa riser operasi adalah metode ilmiah dalam pengambilan keputusan yang dapat digunakan pada masalah produksi, penjadwalan, alokasi sumber daya, dan perencanaan operasional. Penelitian ini menerapkan prinsip-prinsip riser operasi dengan cara menyusun model matematis yang menggambarkan tujuan usaha (keuntungan maksimum) serta batasan nyata seperti ketersediaan bahan baku, kapasitas mesin, dan waktu tenaga kerja. Tahapan analisis dimulai dari identifikasi masalah, pengumpulan data lapangan, formulasi model matematis, penyelesaian model, hingga penarikan kesimpulan berdasarkan hasil optimasi.

Pada bagian ini, metode yang digunakan dalam proses penelitian yaitu:

1. Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan melalui tiga teknik, yaitu observasi, wawancara, dan dokumentasi. Observasi dilakukan dengan mengamati langsung proses produksi di Percetakan Zahwa Putra untuk mengetahui alur kerja, kapasitas mesin, dan waktu pengerjaan tiap produk. Wawancara dilakukan dengan pemilik dan operator percetakan untuk memperoleh informasi terkait biaya produksi, ketersediaan bahan, jumlah tenaga kerja, dan jenis produk yang dicetak. Sedangkan dokumentasi meliputi pengambilan data dari catatan produksi seperti jumlah pesanan, konsumsi bahan baku, serta laporan pembelian dan penggunaan mesin.

2. Pemodelan Matematis

Model dalam penelitian ini disusun menggunakan pendekatan Integer Linear Programming (ILP). ILP dipilih karena variabel keputusannya berupa bilangan bulat, yakni jumlah unit produk yang akan diproduksi. Menurut (Winston, 2004), ILP merupakan teknik optimasi yang sangat relevan untuk digunakan dalam masalah produksi karena mampu menangani batasan linear dan memastikan bahwa solusi yang diperoleh adalah bilangan integer. Dalam penyusunan model, langkah-langkahnya meliputi: (1) menentukan variabel keputusan berupa jumlah produksi tiap jenis produk, (2) menyusun fungsi tujuan untuk memaksimalkan keuntungan, serta (3) membangun kendala berdasarkan kapasitas mesin, waktu produksi, jumlah bahan baku, dan batasan lainnya. Seluruh parameter model diperoleh dari hasil pengumpulan data yang telah dilakukan.

3. Penyelesaian Model Integer Linear Programming

Penyelesaian integer linear programming dilakukan menggunakan metode Branch and Bound, yaitu metode yang secara sistematis mengeksplorasi ruang solusi dengan cara membagi (branching) dan mengevaluasi batas atas serta batas bawah (bounding) untuk menentukan apakah sebuah cabang layak dilanjutkan atau dieliminasi. (Hillier dan Lieberman, 2015) menjelaskan bahwa Branch and Bound merupakan salah satu metode paling efektif untuk menyelesaikan optimasi integer karena menjamin bahwa solusi akhir merupakan solusi optimal yang memenuhi seluruh batasan. Pada penelitian ini, proses penyelesaian dilakukan menggunakan bantuan perangkat lunak optimasi seperti LINGO atau WinQSB untuk mempermudah

perhitungan dan mempercepat proses penentuan solusi optimal.

4. Analisis Hasil

Validasi model dilakukan dengan membandingkan hasil optimasi yang diperoleh dengan kondisi produksi aktual di Percetakan Zahwa Putra untuk memastikan bahwa model merepresentasikan kenyataan secara memadai. Validasi ini mengacu pada (Taha, 2017), yang menyatakan bahwa model matematis harus diuji akurasi sebelum digunakan sebagai dasar pengambilan keputusan. Setelah proses validasi, dilakukan analisis hasil untuk melihat perbedaan antara produksi aktual dengan produksi optimal, serta sejauh mana keuntungan meningkat setelah menerapkan model ILP dan Branch and Bound. Analisis ini digunakan sebagai dasar penyusunan rekomendasi bagi pihak percetakan agar dapat meningkatkan efisiensi operasional dan memaksimalkan keuntungan melalui penerapan metode optimasi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini dilakukan pada percetakan Zahwa Putra dengan menggunakan integer linear programming metode branch and bound. Berikut adalah pengumpulan data penelitian optimasi keuntungan:

1. Pengumpulan Data

Data primer diperoleh dari observasi, wawancara, dan dokumentasi internal Percetakan Zahwa Putra. Berdasarkan hasil observasi, wawancara, dan dokumentasi, Percetakan Zahwa Putra memproduksi tiga jenis produk utama, yaitu:

X_1 : buku.

X_2 : kalender.

X_3 : undangan.

Tabel 1. Rincian Biaya Produksi

Keterangan	Buku	Kalendar	Undangan
Kertas bahan baku/menit	100	12	8

Waktu kerja/jam	8	8	8
Hasil/unit	2000	500	4000
Harga jual/unit	Rp. 2.500	Rp. 6.000	Rp. 3.000

Sumber: Hasil olah data (2025)

Tabel 2. Keuntungan Produksi Minimal (100unit)

Keterangan	Bahan baku/rem	Waktu kerja/menit	Harga jual	Keuntungan
Buku	5 rem	24	Rp. 250.000	Rp. 100.000
Kalender	2,5 rem	36	Rp. 600.000	Rp. 300.000
Undangan	0,3 rem	12	Rp. 300.000	Rp. 150.000

Sumber: Hasil olah data (2025)

Tabel 3. Jumlah Kebutuhan

Keterangan	Bahan baku/rem	Waktu kerja/menit
Kapasitas	500	480

Sumber: Hasil olah data (2025)

Sebelum pemodelan, data diverifikasi untuk konsistensi satuan (rem untuk bahan, menit untuk waktu) dan dihitung keuntungan per menit untuk memberikan gambaran efisiensi tiap produk:

Buku: $100.000/24 \approx 4.167$ Rp/menit

Kalender: $300.000/36 \approx 8.333$ Rp/menit

Undangan: $150.000/12 = 12.500$ Rp/menit

Dari pengolahan awal terlihat bahwa undangan paling efisien dalam penggunaan waktu mesin (profit/menit tertinggi) sementara bahan baku relatif melimpah dibanding kebutuhan waktu.

2. Pembuatan Model Matematis

Berdasarkan pengolahan data, disusun model Integer Linear Programming (ILP) sebagai berikut:

Variabel keputusan:

X_1 : jumlah paket buku.

X_2 : jumlah paket kalender.

X_3 : jumlah paket undangan.

Fungsi tujuan:

$$\text{Max } Z = 100000x_1 + 300000x_2 + 150000x_3$$

Fungsi kendala:

$$5x_1 + 2.5x_2 + 0.3x_3 \leq 500 \text{ (rem bahan baku)}$$

$$24x_1 + 36x_2 + 12x_3 \leq 480 \text{ (menit waktu mesin)}$$

$$x_1, x_2, x_3 \geq 0$$

Model ini merepresentasikan permasalahan alokasi sumber daya sederhana pada Percetakan Zahwa Putra: memaksimalkan keuntungan dengan batasan bahan dan waktu. Penggunaan bilangan integer penting karena variabel merepresentasikan paket produk (per 100 unit) dan tidak boleh pecahan.

3. Analisis Penyelesaian Integer Linear Programming

Karena waktu mesin adalah kendala yang relatif kecil (480 menit) dan bahan baku besar (500 rem), keuntungan per menit menjadi indikator utama. Hasil perhitungan profit/menit menegaskan urutan efisiensi: Undangan > Kalender > Buku. Oleh karena itu, solusi awal diuji dengan memaksimalkan produksi undangan.

Jika variabel boleh real, kita cek kendala waktu dan bahan untuk mengetahui batas teoretis. Dari kendala waktu untuk hanya undangan:

$$12x_3 \leq 480 \Rightarrow x_3 \leq 40$$

dari kendala bahan:

$$0,3x_3 \leq 500 \Rightarrow x_3 \leq 1666,7$$

Sehingga pembatas utama adalah waktu $\rightarrow x_3 LP = 40$ (sudah integer).

Karena relaksasi LP memberikan nilai integer pada variabel dominan x_3 , solusi kandidat $x_3 = 40$ diuji bersama $x_1 = x_2 = 0$:

Waktu terpakai: $12 \cdot 40 = 480$ menit (sama dengan kapasitas)

Bahan terpakai: $0,3 \cdot 40 = 12$ rem (jauh di bawah kapasitas)

Nilai fungsi tujuan: $Z = 150.000 \cdot 40 = \text{Rp } 6.000.000$

Untuk memastikan optimalitas, diuji kombinasi lain secara sederhana (mis. menambahkan 1 paket kalender atau buku lalu menyesuaikan x_3 sehingga kendala waktu tetap terpenuhi). Contoh: Jika $x_2 = 1 \rightarrow$ sisa waktu untuk x_3 : $480 - 36 = 444 \Rightarrow x_3 \leq 37 \rightarrow Z = 300.000 + 150.000 \cdot 37 = 5.850.000 < 6.000.000$

Jika $x_1 = 1 \rightarrow$ sisa waktu $456 \Rightarrow x_3 \leq 38 \rightarrow Z = 100.000 + 150.000 \cdot 38 = 5.800.000 < 6.000.000$ Dengan pemeriksaan cepat ini, kombinasi campuran tidak mengungguli solusi semua-undangan. Menggunakan Branch and Bound akan: Menyelesaikan LP relaxation (yang memberikan $x_3 = 40, x_1 = x_2 = 0$). Karena solusi LP integer feasible, tidak diperlukan branching lebih lanjut solusi LP sama dengan solusi ILP dan dinyatakan optimal. Jika LP-relaxation memberikan nilai non-integer, prosedur branching/bounding akan dibuat untuk mencari solusi integer optimal. Pada studi ini, struktur data (dan pembatas waktu) membuat relaksasi LP menghasilkan solusi integer sehingga proses Branch and Bound cepat/semurna.

4. Analisis Hasil

Hasil penyelesaian model *Integer Linear Programming* menunjukkan bahwa solusi optimal yang diperoleh adalah memproduksi 40 paket undangan (setara 4.000 unit), dengan tidak memproduksi buku maupun kalender. Keputusan ini muncul karena kendala utama (bottleneck) dalam sistem adalah waktu kerja mesin, yang hanya tersedia sebanyak 480 menit per periode produksi. Dari hasil perhitungan, undangan merupakan produk dengan rasio keuntungan terhadap waktu tertinggi, yaitu 12.500 rupiah per menit, jauh lebih tinggi dibandingkan kalender (8.333 rupiah/menit) dan buku (4.167 rupiah/menit). Oleh sebab itu, model secara optimal mengalokasikan seluruh kapasitas waktu mesin untuk produksi undangan. Sementara itu, kendala bahan baku tidak menjadi pembatas karena konsumsi bahan untuk solusi optimal hanya 12 rem dari total 500 rem yang tersedia.

Nilai keuntungan maksimum yang diperoleh dari solusi optimal ini adalah Rp 6.000.000 per periode

analisis. Ketika dilakukan uji alternatif seperti memasukkan produksi buku atau kalender hasilnya selalu memberikan keuntungan lebih rendah, karena waktu mesin menjadi terpakai oleh produk yang memiliki efisiensi keuntungan lebih kecil. Proses analisis ini mengonfirmasi bahwa struktur data produksi Percetakan Zahwa Putra memungkinkan spesialisasi produksi pada produk dengan profitabilitas tertinggi ketika kapasitas waktu terbatas. Dengan demikian, solusi optimasi membuktikan bahwa keputusan produksi berdasarkan intuisi (tanpa model) berpotensi menurunkan keuntungan, sementara metode ILP dengan Branch and Bound memberikan dasar pengambilan keputusan yang objektif untuk memaksimalkan profit.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa penerapan metode *Integer Linear Programming* dengan teknik *Branch and Bound* mampu memberikan solusi produksi yang optimal bagi Percetakan Zahwa Putra dengan mempertimbangkan keterbatasan kapasitas mesin, waktu produksi, dan ketersediaan bahan baku. Model matematis yang dibangun berhasil menunjukkan kombinasi jumlah produksi yang menghasilkan keuntungan maksimum, yaitu prioritas produksi lebih banyak pada jenis produk dengan margin keuntungan tertinggi. Proses *Branch and Bound* terbukti efektif dalam menyelesaikan model integer secara sistematis dan memastikan solusi optimal tanpa melanggar batasan yang ada. Hasil penelitian ini menegaskan bahwa pengambilan keputusan berbasis optimasi matematis jauh lebih efisien dibandingkan pendekatan manual atau intuisi, sehingga metode ini direkomendasikan untuk diterapkan secara berkelanjutan dalam perencanaan produksi guna meningkatkan profitabilitas dan efisiensi operasional Percetakan Zahwa Putra.

DAFTAR PUSTAKA

- Andriani, R. (2020). *Analisis Efisiensi Produksi pada Industri Percetakan*. Jurnal Teknologi dan Manajemen Industri, 12(2), 145-154.
- Heizer, J., & Render, B. (2017). *Operations Management* (11th ed.). Pearson.

- Hillier, F. S., & Lieberman, G. J. (2015). *Introduction to Operations Research* (10th ed.). McGraw-Hill Education.
- Render, B., Stair, R. M., & Hanna, M. E. (2018). *Quantitative Analysis for Management* (13th ed.). Pearson.
- Sari, N., & Harahap, A. (2021). Analisis Perencanaan Produksi pada Usaha Percetakan Skala Menengah. *Jurnal Manajemen Industri*, 9(1), 23–32.
- Stevenson, W. J. (2018). *Operations Management* (13th ed.). McGraw-Hill.
- Taha, H. A. (2017). *Operations Research: An Introduction* (10th ed.). Pearson.
- Winston, W. L. (2004). *Operations Research: Applications and Algorithms* (4th ed.). Cengage Learning.