

PENGEMBANGAN MODEL INTEGER LINIER PROGRAMMING PADA OPTIMASI PRODUKSI TAHU UMKM MENGGUNAKAN METODE BRANCH DAN BOUND DENGAN VALIDASI LINGO

**Nerli Khairani¹, Rina Intan Amelia², Bobby Putra Delon Togatorop³, Zahra
Marsanda Mahisa⁴, Alya Dwi Lestari⁵**

Universitas Negeri Medan, JL. William Iskandar Ps. V, (061) 6613365

Fakultas Matematika dan ilmu pengetahuan Alam, Matematika Nondik, Medan

e-mail: nerlinst@yahoo.co.id¹, rinaintanamelia20@gmail.com²,
togatoropbobby79@gmail.com³, zahramarshandamahisa@gmail.com⁴
alyadwi602@gmail.com

ABSTRAK

Optimalisasi produksi merupakan salah satu strategi yang dapat dilakukan oleh Usaha Mikro, Kecil, dan Menengah (UMKM) untuk memperoleh keuntungan maksimum dengan keterbatasan sumber daya yang tersedia. Penelitian sebelumnya mengenai optimasi produksi tahu menggunakan metode simpleks menghasilkan solusi berbentuk bilangan pecahan sehingga kurang realistis diterapkan dalam sistem produksi nyata. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan menentukan solusi optimal produksi tahu UMKM menggunakan pendekatan *Integer Linear Programming* dengan metode *Branch and Bound* serta membandingkan hasilnya dengan metode simpleks pada penelitian sebelumnya. Penelitian ini menggunakan data sekunder mengenai produksi dua jenis tahu, yaitu tahu putih dan tahu magel. Penyelesaian dilakukan secara manual menggunakan metode *Branch and Bound* dan divalidasi menggunakan software LINGO. Hasil penelitian menunjukkan bahwa solusi optimal integer diperoleh pada produksi 14 ember tahu putih dan 6 ember tahu magel dengan keuntungan maksimum sebesar Rp1.990.000. Sementara itu, metode simpleks menghasilkan keuntungan lebih tinggi sebesar Rp2.176.146, namun tidak memenuhi kendala bilangan bulat. Validasi menggunakan LINGO menunjukkan hasil yang konsisten dengan perhitungan manual. Dengan demikian, metode *Branch and Bound* menghasilkan solusi yang lebih realistis untuk optimasi produksi tahu UMKM.

Key words: *Integer Linear Programming, Branch and Bound*, optimasi produksi, UMKM tahu, LINGO.

ABSTRACT

Production optimization is an important strategy for Micro, Small, and Medium Enterprises (MSMEs) to maximize profits under limited resources. Previous studies on tofu production optimization using the simplex method generated fractional solutions, making them less applicable in real production systems. Therefore, this study aims to determine the optimal production solution for tofu MSMEs using *Integer Linear Programming* with the *Branch and Bound* method and compare the results with the simplex method from previous research. This study used secondary data on the production of two types of tofu, namely white tofu and magel tofu. The problem was solved manually using the *Branch and Bound* method and validated using LINGO software. The results showed that the optimal integer solution was achieved by producing 14 buckets of white tofu and 6 buckets of magel tofu, resulting in a maximum profit of IDR 1,990,000. Meanwhile, the simplex method produced a higher profit of IDR 2,176,146, but the solution did not satisfy integer constraints. Validation using LINGO showed consistent results with manual calculations. Thus, the *Branch and Bound* method provides a more realistic solution for tofu production optimization in MSMEs.

.Key words: *Integer Linear Programming, Branch and Bound*, production optimization, tofu MSMEs, LINGO.

PENDAHULUAN

Usaha Mikro, Kecil, dan Menengah (UMKM) memiliki peran penting dalam mendukung pertumbuhan ekonomi nasional melalui penyerapan tenaga kerja dan peningkatan pendapatan masyarakat. Salah satu sektor UMKM yang berkembang di Indonesia adalah industri pangan, khususnya industri tahu yang memiliki permintaan relatif stabil di masyarakat (Kementerian Koperasi dan UKM, 2023). Namun, dalam proses produksinya, UMKM tahu sering menghadapi keterbatasan sumber daya, seperti bahan baku, waktu produksi, dan kapasitas tenaga kerja sehingga diperlukan strategi produksi yang optimal agar keuntungan usaha dapat dimaksimalkan.

Permasalahan optimasi produksi dapat dianalisis menggunakan metode *Linear Programming* (LP), yaitu metode matematis yang digunakan untuk menentukan solusi optimum berdasarkan fungsi tujuan dan fungsi kendala linear (Taha, 2017). Salah satu metode penyelesaian *Linear Programming* yang umum digunakan adalah metode simpleks karena mampu menghasilkan solusi optimal pada berbagai permasalahan optimasi produksi (Hillier & Lieberman, 2021).

Analisis sebelumnya yang dilakukan oleh Anugerah et al. (2025) mengenai optimasi produksi tahu UMKM menggunakan metode simpleks menunjukkan bahwa keuntungan maksimum diperoleh pada nilai $x_1 = 14,35$ dan $x_2 = 6,25$ dengan keuntungan sebesar Rp2.176.146. Akan tetapi, hasil optimasi tersebut

menghasilkan solusi berbentuk bilangan pecahan sehingga kurang realistis diterapkan dalam sistem produksi UMKM. Dalam praktiknya, jumlah produksi tahu tidak dapat dinyatakan dalam bentuk desimal karena satuan produksi berupa ember harus diproduksi dalam jumlah bilangan bulat.

Berdasarkan hal tersebut, analisis dalam jurnal ini dilakukan sebagai pengembangan dari penelitian sebelumnya dengan menggunakan pendekatan *Integer Linear Programming* (ILP) melalui metode *Branch and Bound* untuk memperoleh solusi optimal berbentuk bilangan bulat (*integer*). Metode ini memungkinkan proses pencabangan dan pembatasan sehingga solusi yang dihasilkan lebih realistis diterapkan pada kegiatan produksi UMKM (Bazaraa et al., 2021). Selanjutnya, hasil perhitungan dianalisis dan divalidasi menggunakan software LINGO guna memastikan ketepatan solusi optimasi yang diperoleh (LINDO Systems, 2024), serta dibandingkan dengan hasil optimasi sebelumnya yang menggunakan metode simpleks.

TINJAUAN PUSTAKA

Program Linier Bilangan Bulat (Integer Linear Programming)

Integer Linear Programming (ILP) merupakan cabang dari program linear di mana sebagian atau seluruh variabel keputusannya dibatasi untuk bernilai bilangan bulat. Menurut Nemhauser & Wolsey, 1988 Model ILP terdiri dari fungsi objektif linier dan sejumlah kendala (constraints) linier, dengan tambahan batasan integer pada variabel. Dalam praktiknya, penyelesaian ILP lebih kompleks dibandingkan program linear

biasa karena ruang solusinya diskrit. Oleh karena itu, teknik penyelesaian khusus seperti Branch and Bound, Cutting Plane, dan Branch and Cut digunakan untuk menemukan solusi optimal (Azizah dkk, 2025). Solusi optimum bilangan bulat pada metode cutting plane dapat di selesaikan dengan menggunakan metode simpleks dan metode dual simpleks serta menambahkan pembatas baru (gomory). Sedangkan solusi optimum bilangan bulat pada metode branch and bound di selesaikan dengan menggunakan metode simpleks atau metode grafik jika menggunakan dua variabel. Penyelesaian dengan metode branch and bound, apabila solusi bukan bilangan bulat maka dilakukan pencabangan masalah menjadi dua submasalah. Sehingga diperoleh solusi yang dibutuhkan (Safitri dkk, 2020).

Secara umum, model masalah integer linear programming dengan fungsi tujuan memaksimumkan dapat dibentuk dalam persamaan berikut:

$$\begin{aligned} \text{maks } z &= \sum_{j=1}^n c_j x_j \\ \text{kendala} \\ \sum_{j=1}^n a_{ij} x_j &\leq b_i \\ x_j &\geq 0 \text{ untuk } i = 1, 2, \dots, m \text{ dan } j \\ &= 1, 2, \dots, n \\ x_j &\in \text{integer} \end{aligned}$$

Model Optimasi Produksi Tahu Umkm

Model optimasi produksi merupakan suatu model matematika yang digunakan untuk menentukan kombinasi produksi terbaik guna memperoleh keuntungan maksimum dengan memperhatikan keterbatasan sumber daya yang dimiliki. Dalam industri UMKM, optimasi produksi sangat penting karena keterbatasan bahan baku, tenaga kerja, modal, dan waktu produksi

sering menjadi kendala utama dalam proses produksi.

Pada UMKM produksi tahu, optimasi dilakukan untuk menentukan jumlah produksi tahu yang memberikan keuntungan maksimum tanpa melebihi kapasitas sumber daya yang tersedia. Sumber daya tersebut meliputi jumlah kedelai, jam kerja tenaga kerja, penggunaan bahan pendukung, serta waktu operasional produksi. Dengan adanya model optimasi, pelaku UMKM dapat merencanakan produksi secara lebih efisien dan mengurangi kemungkinan terjadinya pemborosan bahan baku maupun kerugian usaha.

Menurut Hamdy A. Taha, model optimasi dalam pemrograman linear terdiri atas fungsi tujuan dan fungsi kendala. Fungsi tujuan digunakan untuk memaksimalkan keuntungan atau meminimumkan biaya, sedangkan fungsi kendala menunjukkan batasan sumber daya yang tersedia. Dalam penelitian produksi tahu UMKM, fungsi tujuan biasanya berupa maksimalisasi keuntungan produksi tahu. (Taha, 2017).

Keterangan:

- Z = total keuntungan produksi
- p_i = keuntungan setiap produk
- x_i = jumlah produk yang diproduksi

Sedangkan fungsi kendala pada produksi tahu dapat berupa keterbatasan bahan baku dan waktu produksi, misalnya:

$$a_1x_1 + a_2x_2 \leq B$$

Keterangan:

- a_1, a_2 = kebutuhan bahan baku tiap produk
- B = jumlah bahan baku tersedia

Karena jumlah produksi tahu tidak mungkin berbentuk pecahan, maka variabel keputusan harus berupa bilangan bulat. Oleh sebab itu, model optimasi produksi tahu lebih tepat diselesaikan menggunakan Integer

Linear Programming. Model ini membantu UMKM dalam menentukan keputusan produksi yang lebih realistis dan sesuai dengan kondisi nyata usaha. Selain itu, penggunaan model optimasi dapat meningkatkan efisiensi produksi dan membantu pelaku usaha memperoleh keuntungan yang optimal.

Metode Branch And Bound

Metode Branch and Bound adalah metode yang dapat digunakan dalam menyelesaikan kasus optimalisasi dengan nilai variabel optimal harus berupa bilangan bulat. Metode Branch and Bound merupakan suatu metode lanjutan untuk menghasilkan penyelesaian optimal untuk program linier yang menghasilkan variabel keputusan bilangan bulat. Metode ini membatasi solusi optimal yang dapat menghasilkan bilangan pecahan dengan cara membuat cabang atas dan bawah bagi masing-masing variabel keputusan yang bernilai pecahan agar bernilai bulat sehingga setiap pembatasan akan menghasilkan cabang baru untuk mencapai solusi optimal. Metode Branch and Bound sering digunakan untuk menyelesaikan suatu pemrograman linier integer karena hasil yang diperoleh dalam menyelesaikan optimasi lebih teliti. Kelemahan metode ini adalah prosedur untuk mencapai hasil optimal lebih Panjang (Arsyad dkk, 2024).

Validasi Menggunakan Lingo

Integer programming dapat diselesaikan dengan cara seperti menggunakan grafik, metode eliminasi dan substitusi, dan branch and bound. Namun, jika memiliki banyak variabel penyelesaian manual akan memakan waktu dan memiliki kelemahan yaitu kesalahan pada perhitungan karena human error. Untuk mengatasi kesalahan perhitungan tersebut, maka perlu sebuah program komputer yang dapat membantu menyelesaikan permasalahan integer programming yaitu Lingo.

ProgramLingo bisa menyelesaikan permasalahan seperti linear programming, non-linear programming, integer programming, dan MIP. Dengan Lingo penyelesaian permodelan integer programmingdapat dilakukan dengan cepat dan akurat (Mahardhika & Manullang, 2023).

METODE PENELITIAN

1. Jenis Dan Sumber Data

Analisis ini merupakan studi lanjutan (*replication study*) dari penelitian yang dilakukan oleh Anugerah et al. (2025) dengan judul "*Optimalisasi Produksi pada UMKM Industri Tahu dengan Linear Programming*". Oleh karena itu, data yang digunakan dalam penelitian ini bersumber dari data sekunder, yaitu data yang telah dipublikasikan oleh peneliti sebelumnya.

2. Alasan Penggunaan Data Sekunder

Analisis ini tidak melakukan pengambilan data langsung ke lapangan karena:

- 1) Fokus pada pengembangan metode, yaitu membandingkan metode Simpleks (peneliti sebelumnya) dengan metode Branch and Bound (penelitian ini)
- 2) Data yang sama diperlukan untuk melihat perbandingan hasil yang objektif antara kedua metode
- 3) Efisiensi penelitian, karena tujuan utama adalah menyempurnakan solusi pecahan menjadi solusi integer

3. Data Yang Digunakan

Berdasarkan jurnal Anugerah et al. (2025), data yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

Tabel 1. Profil UMKM

Parameter	Keterangan
Jenis Usaha	Industri Tahu (UMKM)
Lokasi	Yogyakarta, Indonesia

Produk	Tahu Putih dan Tahu Magel
Satuan produksi	Ember (1 ember tahu putih = 200 keping, 1 ember tahu magel = 100 keping)

Tabel 2. Data Harga Jual

No	Jenis Tahu	Harga per Ember (Rp)
1	Tahu putih (x_1)	95.000
2	Tahu Magel (x_2)	110.000

(Sumber: Anugerah et al., 2025, hlm. 3223)

Tabel 3. Data Bahan Baku dan Ketersediaan

N o	Bahan Baku	Tahu Putih (x_1)	Tahu Magel (x_2)	Ketersediaan Harian
1	Kedelai (kg)	4	3	300 kg
2	Waktu Kerja (menit)	120	70	2.160 menit
3	Garam (gram)	0	16	100 gram

(Sumber: Anugerah et al., 2025, hlm. 3223)

Tabel 4. Hasil Penelitian Sebelumnya
(Sebagai Pembandingan)

Metode	Solusi (x_1)	Solusi (x_2)	Keuntungan (Z)
Simpleks (Lp Relaxation)	14,35	6,25	Rp 2.050.750

(Sumber: Anugerah et al., 2025, hlm. 3224)

4. Pengembangan Model Penelitian

Analisis ini mengembangkan model dari peneliti sebelumnya dengan menambahkan kendala integer dan menggunakan metode Branch and Bound. Model yang digunakan adalah sebagai berikut:

1) Variabel Keputusan

- x_1 = Jumlah produksi tahu putih (ember)
- x_2 = Jumlah produksi tahu magel (ember)

2) Fungsi Tujuan

$$Z_{max} = 95.000x_1 + 110.000x_2$$

3) Fungsi Kendala

$$\begin{aligned} 4x_1 + 3x_2 &\leq 300 \text{ (Kedelai)} \\ 120x_1 + 70x_2 &\leq 2.160 \text{ (Waktu Kerja)} \\ 0x_1 + 16x_2 &\leq 100 \text{ (Garam)} \\ x_1 \geq 0, x_2 &\geq 0 \text{ (Non - negativitas)} \\ x_1, x_2 &\in \text{integer} \end{aligned}$$

5. Teknik Analisis Data

Tahapan analisis dilakukan sebagai berikut.

1) Penyelesaian Relaksasi Linear Programming

Tahap awal dilakukan dengan menghilangkan sementara kendala integer pada variabel keputusan. Tahap ini disebut sebagai *Linear Programming Relaxation* atau relaksasi linear programming.

Tujuan tahap ini adalah memperoleh:

- solusi optimum awal,
- batas atas (*upper bound*),
- dan variabel yang masih berbentuk pecahan.

Penyelesaian dilakukan menggunakan metode grafik untuk memperoleh titik optimum dari daerah feasible. Apabila solusi yang diperoleh masih berbentuk desimal, maka penyelesaian dilanjutkan menggunakan metode *Branch and Bound*.

2) Penentuan Upper Bound

Upper bound merupakan nilai maksimum sementara yang diperoleh dari hasil relaksasi linear programming. Nilai ini digunakan sebagai batas atas dalam proses pencarian solusi integer optimal. Pada analisis ini, nilai keuntungan hasil metode simpleks dijadikan sebagai *upper bound* karena merupakan solusi optimum tanpa kendala integer.

3) Proses Branching (Pencabangan)

Apabila solusi relaksasi menghasilkan variabel berbentuk pecahan, maka dilakukan proses pencabangan (*branching*). Pencabangan dilakukan dengan membentuk dua kendala baru terhadap variabel yang masih bernilai desimal, yaitu:

- lebih kecil atau sama dengan nilai bulat di bawahnya,
- dan lebih besar atau sama dengan nilai bulat di atasnya.

Sebagai contoh Jika diperoleh:

$$x_1 = 14,35$$

maka pencabangan dilakukan menjadi:

$$x_1 \leq 14 \text{ dan } x_2 \geq 15$$

Setiap cabang menghasilkan submasalah baru yang harus diselesaikan kembali untuk memperoleh solusi optimum baru.

4) Penentuan Lower Bound

Lower bound merupakan nilai solusi integer terbaik sementara yang diperoleh selama proses pencabangan. Nilai ini digunakan sebagai pembanding untuk menentukan apakah suatu cabang masih layak dieksplorasi atau dapat dihentikan. Semakin besar nilai *lower bound*, maka semakin baik kandidat solusi integer yang diperoleh.

5) Proses Fathoming

Fathoming adalah proses penghentian pencabangan pada suatu cabang tertentu karena cabang tersebut tidak perlu dianalisis lebih lanjut. Suatu cabang dapat dilakukan *fathoming* apabila memenuhi salah satu kondisi berikut:

- Tidak memiliki daerah feasible (*infeasible solution*).
- Solusi yang diperoleh sudah memenuhi kendala integer.
- Nilai fungsi tujuan lebih kecil dibandingkan *lower bound* yang telah diperoleh sebelumnya.

Proses *fathoming* bertujuan mempercepat pencarian solusi optimum dengan mengurangi jumlah cabang yang dianalisis.

6) Penentuan Solusi Integer Optimal

Proses pencabangan dilakukan secara berulang hingga diperoleh solusi yang:

- memenuhi seluruh kendala,
- berbentuk bilangan bulat,
- memiliki nilai fungsi tujuan terbesar.

Solusi tersebut dinyatakan sebagai solusi integer optimal dari model *Integer Linear Programming*.

6. VALIDASI MENGGUNAKAN SOFTWARE LINGO

Setelah perhitungan manual selesai dilakukan, model optimasi kemudian diuji menggunakan software LINGO.

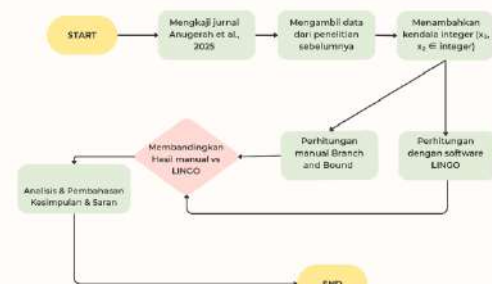
Tahap ini bertujuan untuk:

- memverifikasi ketepatan perhitungan manual,
- memastikan konsistensi solusi optimal,
- serta membandingkan efisiensi penyelesaian antara metode manual dan komputasi software.

Hasil dari software LINGO kemudian dibandingkan dengan hasil perhitungan analitis metode *Branch and Bound*.

7. ALUR PENELITIAN

Alur Penelitian
Flowchart



HASIL DAN PEMBAHASAN

1. FORMULASI MODEL INTEGER LINEAR PROGRAMMING

Analisis ini merupakan pengembangan dari penelitian sebelumnya yang menggunakan metode simpleks dalam menyelesaikan permasalahan optimasi produksi tahu pada UMKM. Pada penelitian terdahulu, solusi optimal yang diperoleh masih berbentuk bilangan pecahan sehingga kurang realistis untuk diterapkan dalam proses produksi nyata. Oleh karena itu, analisis ini menerapkan pendekatan *Integer Linear Programming* (ILP) menggunakan metode *Branch and Bound* untuk memperoleh solusi optimal berbentuk bilangan bulat.

Variabel keputusan yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

- x_1 = jumlah produksi tahu putih (ember)
- x_2 = jumlah produksi tahu magel (ember)

Fungsi tujuan yang digunakan yaitu memaksimalkan keuntungan produksi:

Maksimumkan $Z = 95000x_1 + 110000x_2$
Dengan kendala:

$$4x_1 + 3x_2 \leq 300$$

$$120x_1 + 70x_2 \leq 2160$$

$$16x_2 \leq 100$$

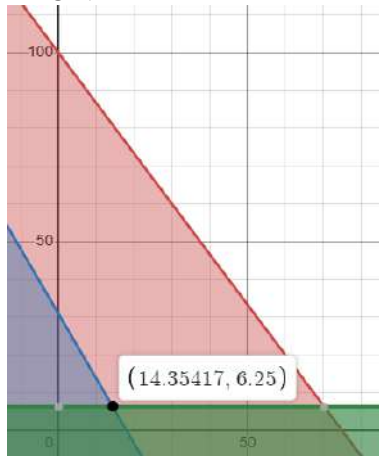
$$x_1, x_2 \geq 0 ; x_1, x_2 \text{ integer}$$

Model tersebut digunakan untuk menentukan kombinasi produksi optimum yang mampu memberikan keuntungan maksimum dengan tetap memperhatikan keterbatasan bahan baku dan kendala produksi.

2. PENYELESAIAN MENGGUNAKAN RELAKSASI LINEAR PROGRAMMING

Langkah awal dalam metode *Branch and Bound* adalah menyelesaikan model tanpa mempertimbangkan kendala integer (*LP Relaxation*). Tahapan ini dilakukan untuk memperoleh batas atas (*upper bound*) dari solusi optimum.

Langkah 1: mencari solusi dengan relaxation linear programming (mengabaikan syarat integer)



Maka nilai Z didapat: $Z = 95x_1 + 110x_2$ (satuan ribu)

$$Z = 95(14.34) + 110(6.25)$$

$$Z = 2.176.146$$

Solusi yang didapat dari langkah 1 adalah $x_1 = 14.35$ dan $x_2 = 6.25$ dengan $Z = 2.176.146$

Hasil tersebut menunjukkan bahwa metode simpleks menghasilkan keuntungan maksimum yang relatif tinggi. Akan tetapi, solusi variabel keputusan masih berbentuk bilangan desimal sehingga kurang sesuai

untuk diterapkan pada kondisi nyata UMKM. Dalam praktik produksi, jumlah ember tahu tidak mungkin diproduksi dalam bentuk pecahan.

Dengan demikian, solusi hasil relaksasi linear hanya dapat digunakan sebagai batas atas (*upper bound*) dalam proses pencarian solusi integer menggunakan metode *Branch and Bound*. Dan akan dilakukannya pencabangan pada $x_1 = 14.35$.

Cabang 1: $x_1 \geq 15$ & cabang 2: $x_1 \leq 14$

2. PENYELESAIAN DENGAN BRANCH AND BOUND

Metode *Branch and Bound* digunakan untuk memperoleh solusi optimal berbentuk bilangan bulat dengan cara melakukan pencabangan (*branching*) terhadap variabel yang masih bernilai pecahan. Pada solusi awal diperoleh nilai:

$$x_1 = 14.35$$

Karena variabel x_1 belum integer, maka dilakukan pencabangan menjadi:

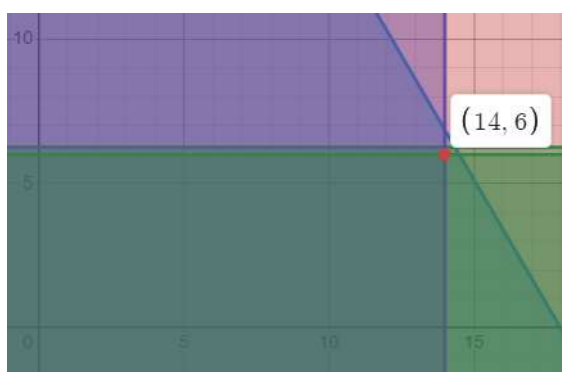
$$x_1 \geq 15$$

Dan

$$x_1 \leq 14$$

Setiap cabang kemudian dianalisis kembali untuk memperoleh solusi optimum baru yang memenuhi kendala integer. Proses pencabangan dilakukan secara bertahap hingga seluruh variabel keputusan memenuhi syarat bilangan bulat. Pada beberapa cabang ditemukan kondisi *infeasible*, yaitu daerah penyelesaian tidak memenuhi kendala model sehingga proses pencabangan dihentikan (*fathoming*).

Selain itu, beberapa cabang juga dieliminasi karena menghasilkan nilai fungsi tujuan yang lebih rendah dibandingkan kandidat solusi sebelumnya. Proses ini menunjukkan bahwa metode *Branch and Bound* bekerja dengan cara mempersempit ruang solusi hingga diperoleh solusi integer optimal. Berdasarkan hasil perhitungan analitis, solusi optimal integer diperoleh pada cabang ke-16 dengan: mencari solusi pada cabang 16, yaitu: grafik pada cabang 2 + kendala baru $x_2 \leq 6$.



Dari grafik dapat dilihat bahwa daerah penyelesaian maksimum ada pada titik perpotongan antara garis $x_1 = 14$ dan $x_2 = 6$. Maka nilai Z maksimum:

$$Z = 95x_1 + 110x_2 \text{ (satuan ribu)}$$

$$Z = 95(14) + 110(6)$$

$$Z = 1990 \text{ (satuan ribu)}$$

$$\text{dengan } x_1 = 14 \text{ dan } x_2 = 6$$

Pada cabang ke-16, solusi sudah integer dengan nilai:

$$x_1 = 14 \text{ dan } x_2 = 6$$

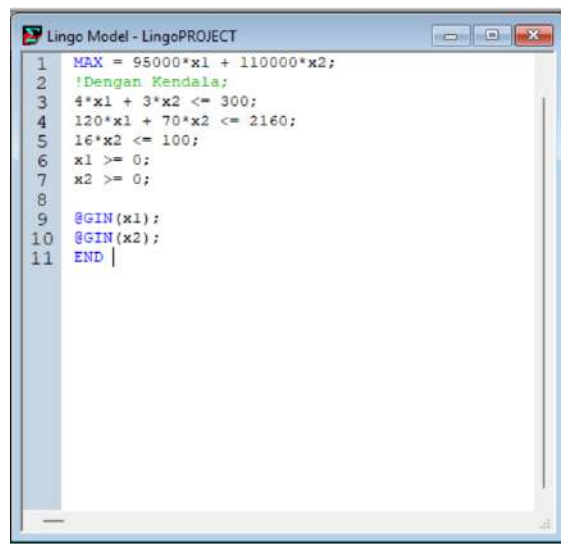
dan keuntungan maksimum sebesar:

$$Z = Rp1.990.000$$

Hasil tersebut menunjukkan bahwa kombinasi produksi optimum yang dapat diterapkan UMKM adalah memproduksi 14 ember tahu putih dan 6 ember tahu magel setiap hari.

3. VALIDASI MENGGUNAKAN SOFTWARE LINGO

Untuk memastikan ketepatan hasil perhitungan analitis, model Integer Linear Programming kemudian diselesaikan kembali menggunakan software LINGO.



Hasil pengolahan menggunakan LINGO menunjukkan solusi yang sama dengan hasil perhitungan manual menggunakan metode *Branch and Bound*.

LINGO/WIN64 22.0.147 (24 Mar 2026), LINDO API 16.0.7099.134

Licensee info: Eval Use Only
 License expires: 27 OCT 2026

Global optimal solution found.
 Objective value: 1990000.
 Objective bound: 1990000.
 Infeasibilities: 0.000000
 Extended solver steps: 0
 Total solver iterations: 0
 Time to best solution seconds: 0.00
 Elapsed runtime seconds: 0.04

Model Class: MILP

Total variables: 2
 Nonlinear variables: 0
 Integer variables: 2

Total constraints: 6
 Nonlinear constraints: 0
 Total nonzeros: 5
 Nonlinear nonzeros: 0

Variable	Value	Reduced Cost
X1	14.00000	-95000.00
X2	6.000000	-110000.0

Row	Slack or Surplus	Dual Price
1	1990000.	1.000000
2	226.0000	0.000000
3	40.00000	0.000000
4	4.000000	0.000000
5	14.00000	0.000000
6	6.000000	0.000000

Berdasarkan hasil screenshot output diperoleh nilai

$$x_1 = 14$$

$$x_2 = 6$$

dengan nilai keuntungan maksimum:

$$Z = Rp1.990.000$$

Kesesuaian hasil antara perhitungan manual dan software LINGO menunjukkan bahwa model yang dibangun telah valid dan proses penyelesaian menggunakan metode *Branch and Bound* dilakukan dengan benar. Selain itu, penggunaan software LINGO membantu mempercepat proses komputasi dibandingkan penyelesaian manual yang memerlukan tahapan pencabangan cukup panjang.

4. ANALISIS PERBANDINGAN METODE SIMPLEKS BRANCH AND BOUND

Penulis juga melakukan analisis perbandingan antara metode simpleks pada penelitian sebelumnya dengan metode *Branch and Bound* pada jurnal ini. Secara matematis, metode simpleks menghasilkan nilai keuntungan yang lebih tinggi dibandingkan metode *Branch and Bound*. Akan tetapi, solusi yang dihasilkan metode simpleks masih berupa bilangan pecahan sehingga kurang realistis diterapkan pada sistem produksi UMKM. Sebaliknya, metode *Branch and Bound* menghasilkan solusi integer yang lebih sesuai dengan kondisi operasional nyata meskipun nilai keuntungan yang diperoleh sedikit lebih rendah.

Perbandingan hasil kedua metode dapat dilihat pada Tabel berikut.

Metode	Solusi x_1	Solusi x_2	Keuntungan (Nilai Z)	Keterangan
Simpleks	14,35	6,25	Rp 2.176.146	Solusi Tidak Integer

Branch and Bound	14	6	Rp1.990.000	Solusi Integer Optimal
------------------	----	---	-------------	------------------------

Hasil analisis menunjukkan bahwa terdapat *trade-off* antara optimalitas matematis dan kelayakan implementasi. Metode simpleks memberikan solusi optimum teoritis, sedangkan metode *Branch and Bound* menghasilkan solusi optimum praktis yang lebih relevan diterapkan pada UMKM. Dengan demikian, pendekatan *Integer Linear Programming* menggunakan metode *Branch and Bound* dinilai lebih tepat digunakan dalam permasalahan optimasi produksi yang mensyaratkan jumlah produksi berbentuk bilangan bulat.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa metode *Integer Linear Programming* menggunakan pendekatan *Branch and Bound* mampu menentukan kombinasi produksi tahu UMKM yang optimal dengan memperhatikan kendala bilangan bulat (*integer constraint*). Hasil optimasi menunjukkan bahwa kombinasi produksi optimum diperoleh pada produksi 14 ember tahu putih dan 6 ember tahu magel dengan keuntungan maksimum sebesar Rp1.990.000. Hasil analisis juga menunjukkan bahwa metode simpleks pada penelitian sebelumnya menghasilkan keuntungan yang lebih tinggi, yaitu sebesar Rp2.176.146 dengan nilai variabel keputusan $x_1 = 14,35$ dan $x_2 = 6,25$. Namun, solusi tersebut masih berbentuk bilangan pecahan sehingga kurang realistis diterapkan dalam sistem produksi UMKM karena jumlah produksi tidak memungkinkan dinyatakan dalam bentuk desimal.

Selanjutnya, hasil perhitungan manual menggunakan metode *Branch and Bound* menunjukkan hasil yang konsisten dengan penyelesaian menggunakan software LINGO. Hal ini menunjukkan bahwa model optimasi yang dibangun telah valid dan metode *Branch and Bound* mampu menghasilkan solusi optimum berbasis integer yang lebih realistis diterapkan pada proses produksi UMKM tahu. Dengan demikian, pendekatan *Integer Linear Programming* menggunakan metode *Branch and Bound* dinilai lebih sesuai digunakan dalam permasalahan optimasi produksi yang mensyaratkan jumlah produksi berbentuk bilangan bulat dibandingkan metode simpleks yang menghasilkan solusi relaksasi linear.

DAFTAR PUSTAKA

- Anugerah, A., dkk. (2025). *Optimalisasi Produksi pada UMKM Industri Tahu dengan Linear Programming*.
- Asyrad, A., Yundari, Y., & Pasaribu, (2024) M. PENYELESAIAN PEMROGRAMAN LINIER BILANGAN BINER DENGAN METODE BRANCH AND BOUND GUNA MENGOPTIMALKAN PENGGUNAAN KENDARAAN (Studi Kasus: Kendaraan Pengangkut Sampah Di Dinas Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang, Perumahan Rakyat dan Kawasan Permukiman Kabupaten Kubu Raya). *BIMASTER: Buletin Ilmiah Matematika, Statistika dan Terapannya*, 13(2).
- Azizah, M., Lubis, S. A. P., Murdani, M., Dalimuntha, I. M., & Ginting, S. S. B. (2025). Studi Literatur tentang Penerapan Program Linear Bilangan Bulat dalam Optimasi Penjadwalan dan Alokasi Sumber Daya. *Algoritma: Jurnal Matematika, Ilmu pengetahuan Alam, Kebumihan dan Angkasa*, 3(4), 89-96.
- Bazaraa, M. S., Jarvis, J. J., & Sherali, H. D. (2021). *Linear Programming and Network Flows* (5th ed.). Wiley.
- Hillier, F. S., & Lieberman, G. J. (2021). *Introduction to Operations Research* (11th ed.). McGraw-Hill Education.
- Kementerian Koperasi dan UKM Republik Indonesia. (2023). *Perkembangan Data UMKM Indonesia Tahun 2023*. Jakarta: Kemenkop UKM.
- LINDO Systems. (2024). *LINGO Optimization Modeling Software User Guide*. Chicago: LINDO Systems Inc.
- Mahardhika, D., & Manullang, W. K. F. (2023). Optimasi site plan perumahan taman pondok legi VI menggunakan metode integer programming dan goal programming dengan lingo. *WAKTU: Jurnal Teknik UNIPA*, 21(02).
- Safitri, E., Basriati, S., & Ramadhania, C. (2020). Penyelesaian Integer Linear Programming menggunakan Metode Reduksi Variabel (Studi Kasus: Zee Studio Photography). *Jurnal Sains Matematika dan Statistika*, 6(2), 1-11.
- Siswanto. (2007). *Operations Research*. Jakarta: Erlangga.
- Suyadi Prawirosentono. (2001). *Manajemen Operasi: Analisis dan Studi Kasus*. Jakarta: Bumi Aksara.
- Taha, H. A. (2017). *Operations Research: An Introduction* (10th ed.). Pearson Education.