

Optimalisasi Produksi Bakso dengan Menggunakan Pendekatan Integer Linear Programming Pada Rumah Makan Jawa Lumintu

David Kapele, James Mangobi

Program Studi Pendidikan Matematika, FMIPAK, Universitas Negeri Manado

davidgk130604@gmail.com

Diterima: 29-05-2026; Direvisi: 22-06-2026; Dipublikasi: 30-06-2026

Abstract

Micro, small, and medium enterprises (MSMEs) in the culinary sector often face production planning problems due to limited raw materials and production decisions based on estimation. This study aims to determine the optimal production quantities of several meatball variants at Rumah Makan Jawa Lumintu using Integer Linear Programming (ILP) assisted by POM-QM for Windows. This research is an applied quantitative study in Operations Research. Data were collected through observation and interviews regarding raw material composition, production output, inventory availability, and the production system. A mathematical model was developed to maximize total meatball production by considering raw material constraints, minimum production requirements, and integer restrictions. The results showed that the optimal production combination in a four-day production cycle consists of 5942 regular meatballs, 150 tenes meatballs, 200 tendon meatballs, and 50 super meatballs, yielding a maximum production of 6342 meatballs. Compared with the actual production of 5320 meatballs, the optimization model increased output by 1022 meatballs or 19,21%. Therefore, ILP assisted by POM-QM for Windows can be used as an effective tool for more optimal, efficient, measurable, and data-driven production planning.

Keywords: integer linear programming; operations research; production optimization; MSMEs; meatballs

Abstrak

Usaha mikro, kecil, dan menengah (UMKM) pada sektor kuliner sering menghadapi permasalahan perencanaan produksi akibat keterbatasan bahan baku dan pengambilan keputusan produksi yang masih berdasarkan perkiraan. Penelitian ini bertujuan menentukan jumlah produksi optimal beberapa varian bakso pada Rumah Makan Jawa Lumintu menggunakan metode *Integer Linear Programming* (ILP) berbantuan POM-QM for Windows. Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif terapan dalam bidang Riset Operasi. Data diperoleh melalui observasi dan wawancara terkait komposisi bahan baku, hasil produksi, ketersediaan persediaan, dan sistem produksi yang diterapkan. Model matematis disusun untuk memaksimalkan total produksi bakso dengan mempertimbangkan kendala bahan baku, batas minimum produksi, dan syarat bilangan bulat (*integer*). Hasil penelitian menunjukkan bahwa kombinasi produksi optimal dalam satu siklus produksi selama 4 hari terdiri atas 5942 butir bakso biasa, 150 butir bakso tenes, 200 butir bakso urat, dan 50 butir bakso super dengan total produksi maksimum sebesar 6342 butir bakso. Dibandingkan produksi aktual sebesar 5320 butir, model optimasi meningkatkan produksi sebanyak 1022 butir atau 19,21%. Dengan demikian, metode ILP berbantuan POM-QM for Windows dapat digunakan sebagai alat perencanaan produksi yang lebih optimal, efisien, terukur, dan berbasis data.

Kata Kunci: *integer linear programming*; riset operasi; optimasi produksi; UMKM; bakso

1. PENDAHULUAN

Usaha mikro, kecil, dan menengah (UMKM) memiliki peran penting dalam mendukung perekonomian Indonesia, termasuk pada sektor penyediaan makanan dan minuman.

Data Badan Pusat Statistik menunjukkan bahwa jumlah usaha pada sektor ini mencapai sekitar 4,85 juta unit pada tahun 2023 dan mengalami peningkatan dibandingkan tahun 2016, serta mampu menyerap sekitar 9,80 juta tenaga kerja dengan nilai penjualan mencapai Rp998,37 triliun (Badan Pusat Statistik Indonesia, 2024). Pertumbuhan sektor kuliner yang terus meningkat menyebabkan persaingan usaha semakin ketat sehingga diperlukan pengelolaan produksi yang lebih efektif dan efisien. Namun, berbagai UMKM rumah makan masih menghadapi kendala seperti keterbatasan bahan baku, rendahnya efisiensi operasional, dan perencanaan produksi yang belum optimal sehingga penentuan jumlah produksi sering dilakukan berdasarkan perkiraan tanpa perhitungan yang terukur (Bappenas, 2024; Kementerian Keuangan Republik Indonesia, 2025).

Salah satu usaha kuliner yang banyak diminati masyarakat adalah usaha bakso dengan berbagai varian produk seperti bakso biasa, bakso urat, bakso tenes, dan bakso super. Setiap varian memiliki komposisi bahan baku dan hasil produksi yang berbeda sehingga proses penentuan jumlah produksi menjadi lebih kompleks, terutama ketika persediaan bahan baku terbatas. Dalam praktiknya, banyak pelaku usaha masih mengandalkan pengalaman dalam menentukan jumlah produksi sehingga berpotensi menyebabkan ketidakefisienan penggunaan bahan baku maupun ketidaksesuaian jumlah produksi terhadap kebutuhan penjualan dan ketersediaan variasi produk.

Penelitian ini dilakukan pada Rumah Makan Jawa Lumintu yang sebelumnya pernah diteliti menggunakan metode Simpleks. Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa pendekatan pemrograman linear mampu membantu menentukan kombinasi produksi optimal berdasarkan keterbatasan bahan baku dan keuntungan penjualan. Namun, penelitian tersebut belum secara khusus membahas sistem produksi bakso multi-varian berdasarkan detail komposisi bahan baku setiap produk. Selain itu, pendekatan linear programming biasa masih memungkinkan munculnya solusi pecahan, padahal jumlah produksi bakso harus berbentuk bilangan bulat. Berbagai penelitian sebelumnya juga menunjukkan bahwa metode Integer Linear Programming efektif digunakan dalam optimasi produksi industri makanan dan minuman. Penelitian oleh A. Siregar dan S. Sitepu (2024), A. Nurjanah dan D. Idayani (2024), D. Syafitri, Kamid, dan N. Rarasati (2021), serta S. Basriati (2018) menunjukkan bahwa metode Integer Linear Programming dengan pendekatan Branch and Bound maupun Cutting Plane mampu menghasilkan solusi produksi optimal berdasarkan keterbatasan sumber daya yang tersedia.

Oleh karena itu, diperlukan pendekatan optimasi yang lebih realistis dengan mempertimbangkan batas minimum produksi pada setiap varian agar seluruh produk tetap tersedia sesuai kebutuhan operasional usaha. Salah satu metode yang dapat digunakan adalah Integer Linear Programming (ILP), yaitu pengembangan pemrograman linear yang mensyaratkan variabel keputusan bernilai bilangan bulat non-negatif. Penelitian ini bertujuan menentukan jumlah produksi optimal beberapa varian bakso pada Rumah Makan Jawa Lumintu menggunakan metode Integer Linear

Programming berbantuan software POM-QM for Windows dengan pendekatan Branch and Bound berdasarkan keterbatasan bahan baku dan kendala minimum produksi. Penelitian ini diharapkan dapat membantu pelaku usaha dalam menyusun perencanaan produksi yang lebih efisien, terukur, realistis, dan berbasis data.

Riset Operasi

Operations Research atau riset operasi merupakan cabang ilmu yang memanfaatkan pendekatan matematis, analisis kuantitatif, dan metode ilmiah untuk membantu pengambilan keputusan secara optimal. Menurut Taha (2017), riset operasi berfokus pada pengembangan model matematis yang merepresentasikan suatu sistem nyata untuk dianalisis dan dioptimalkan. Metode ini banyak diterapkan pada bidang industri, logistik, ekonomi, dan perencanaan produksi karena mampu membantu menentukan solusi terbaik berdasarkan keterbatasan sumber daya yang dimiliki.

Dalam penerapannya, riset operasi meliputi beberapa tahapan, yaitu identifikasi masalah, penyusunan model matematis, penentuan metode penyelesaian, analisis solusi, dan interpretasi hasil. Salah satu metode yang paling banyak digunakan dalam riset operasi adalah program linear. Menurut Hillier dan Lieberman (2001), riset operasi berperan penting dalam membantu pengambilan keputusan manajerial melalui penggunaan model matematis untuk memperoleh solusi optimal terhadap suatu permasalahan nyata.

Program Linear

Linear Programming atau program linear merupakan salah satu metode optimasi dalam riset operasi yang digunakan untuk memperoleh nilai optimal dari suatu fungsi tujuan dengan memperhatikan berbagai kendala berbentuk persamaan maupun pertidaksamaan linear. Menurut Dantzig (1963), program linear adalah teknik matematis yang digunakan untuk menentukan kombinasi terbaik dari sejumlah aktivitas yang saling berhubungan dalam kondisi keterbatasan sumber daya. Model program linear terdiri atas variabel keputusan, fungsi tujuan, fungsi kendala, dan syarat non-negatif. Secara umum, bentuk model program linear dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\text{Maksimumkan } Z = c_1x_1 + c_2x_2 + \dots + c_nx_n$$

Dengan kendala:

$$a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n \leq b_1$$

$$a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2n}x_n \leq b_2$$

$$x_1, x_2, \dots, x_n \geq 0$$

Dengan:

- Z = fungsi tujuan,
- x_i = variabel keputusan,
- c_i = koefisien fungsi tujuan,
- a_{ij} = koefisien kendala,
- b_i = batas sumber daya yang tersedia.

Menurut Vanderbei (2014), program linear banyak digunakan dalam perencanaan produksi, distribusi barang, pengendalian persediaan, dan optimasi industri karena mampu menghasilkan solusi optimal secara sistematis dan efisien.

Integer Linear Programming

Integer Linear Programming (ILP) merupakan pengembangan dari program linear yang mengharuskan sebagian atau seluruh variabel keputusan bernilai bilangan bulat. Pendekatan ini digunakan pada permasalahan yang solusi nyatanya tidak memungkinkan berbentuk pecahan, seperti jumlah produk atau unit produksi. Menurut Taha (2017), ILP digunakan ketika variabel keputusan harus memenuhi syarat integer agar solusi sesuai dengan kondisi aktual. Bentuk umum Integer Linear Programming dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\text{Maksimumkan } Z = c_1x_1 + c_2x_2 + \dots + c_nx_n$$

Dengan kendala:

$$Ax \leq b$$

Serta syarat:

$$x_i \in \mathbb{Z}_{\geq 0}, i = 1, 2, \dots, n$$

Metode yang umum digunakan dalam penyelesaian ILP adalah Branch and Bound dan Cutting Plane. Menurut Hillier dan Lieberman (2001), metode Branch and Bound bekerja dengan membagi solusi ke dalam beberapa cabang dan melakukan pembatasan untuk menghilangkan solusi yang tidak memenuhi syarat optimalitas maupun syarat integer. Taha (2017) menjelaskan bahwa metode ini dilakukan dengan menyelesaikan model linear programming terlebih dahulu, kemudian melakukan percabangan pada variabel yang belum memenuhi syarat integer hingga diperoleh solusi optimal berbentuk bilangan bulat.

Selain itu, metode Cutting Plane dilakukan dengan menambahkan batasan baru (cuts) ke dalam model program linear untuk menghilangkan solusi pecahan tanpa menghilangkan solusi integer yang layak. Proses ini dilakukan secara bertahap hingga

diperoleh solusi optimal yang memenuhi syarat integer sehingga ruang solusi dapat dipersempit secara lebih efisien (Taha, 2017).

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif terapan dalam bidang Riset Operasi yang menggunakan metode Integer Linear Programming (ILP) untuk menentukan jumlah produksi optimal beberapa varian bakso pada Rumah Makan Jawa Lumintu berdasarkan keterbatasan bahan baku dan kendala minimum produksi. Penyelesaian model dilakukan menggunakan pendekatan Branch and Bound dengan membangun model matematis yang memuat fungsi tujuan, kendala bahan baku, syarat integer, dan batas minimum produksi sehingga solusi yang dihasilkan tidak hanya optimal secara matematis, tetapi juga sesuai dengan kebutuhan operasional usaha. Penelitian dilakukan pada usaha yang memproduksi bakso biasa, bakso tenes, bakso urat, dan bakso super.

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Mei 2026 di Rumah Makan Jawa Lumintu yang berlokasi di Kabupaten Minahasa Selatan, Provinsi Sulawesi Utara. Pemilihan lokasi penelitian didasarkan pada karakteristik usaha yang memproduksi beberapa varian bakso dengan penggunaan bahan baku yang berbeda pada setiap produk serta adanya keterbatasan sumber daya yang memengaruhi keputusan produksi. Kondisi tersebut sesuai untuk penerapan model optimasi dalam menentukan jumlah produksi yang lebih efisien dan terukur.

Metode Integer Linear Programming (ILP) dipilih karena variabel keputusan dalam penelitian ini berupa jumlah produksi bakso yang harus dinyatakan dalam bilangan bulat. Penggunaan Linear Programming biasa berpotensi menghasilkan solusi pecahan yang tidak realistis untuk diterapkan dalam proses produksi, misalnya menghasilkan jumlah produksi berupa 125,7 butir bakso. Oleh karena itu, diperlukan pendekatan Integer Linear Programming yang mensyaratkan seluruh variabel keputusan bernilai integer sehingga solusi yang diperoleh lebih sesuai dengan kondisi nyata operasional usaha. Penyelesaian model dilakukan menggunakan metode Branch and Bound yang tersedia pada software POM-QM for Windows untuk memperoleh solusi optimal yang memenuhi seluruh kendala dan syarat bilangan bulat.

Data bahan baku yang digunakan dalam penelitian meliputi daging sapi, tepung, es batu, bawang putih, garam, merica, vetsin atau kaldu jamur, telur, urat sapi, dan daging cincang. Kebutuhan setiap bahan baku pada masing-masing varian bakso serta jumlah persediaan yang tersedia dalam satu siklus produksi selama empat hari disajikan pada Tabel 1. Data tersebut menjadi dasar dalam penyusunan fungsi kendala pada model Integer Linear Programming sehingga solusi yang dihasilkan mencerminkan kondisi nyata sistem produksi Rumah Makan Jawa Lumintu.

Tabel 1. Kebutuhan Bahan Baku dan Persediaan dalam Satu Siklus Produksi

Bahan Baku	Bakso Biasa (gr)	Bakso Tenes (gr)	Bakso Urat (gr)	Bakso Super (gr)	Persediaan (gr)
Daging Sapi	5000	5000	5000	5000	38000
Tepung	3000	3000	3000	3000	24000
Es Batu	400	400	400	400	3000
Bawang Putih	250	250	250	250	1800
Garam	200	200	200	200	1500
Merica	50	50	50	50	350
Vetsin/Kaldu Jamur	100	100	100	100	750
Telur	250	10250	250	250	16500
Urat Sapi	0	0	250	0	650
Daging Cincang	0	0	0	150	400

Data penelitian terdiri atas data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh melalui observasi dan wawancara langsung dengan pemilik usaha terkait komposisi bahan baku, hasil produksi tiap adonan, batas minimum produksi, ketersediaan bahan baku, serta sistem produksi yang diterapkan. Sementara itu, data sekunder diperoleh dari buku, jurnal, artikel ilmiah, laporan pemerintah, dan penelitian terdahulu yang berkaitan dengan Riset Operasi, Program Linear, Integer Linear Programming, serta metode Branch and Bound dan Cutting Plane. Teknik pengumpulan data dilakukan melalui observasi pada proses produksi, wawancara mengenai sistem produksi dan batas minimum tiap varian, serta studi literatur untuk memperoleh landasan teori terkait optimasi produksi dan metode Integer Linear Programming.

Variabel keputusan dalam penelitian ini adalah jumlah produksi setiap varian bakso, yaitu:

- x_1 = jumlah produksi bakso biasa
- x_2 = jumlah produksi bakso tenes
- x_3 = jumlah produksi bakso urat
- x_4 = jumlah produksi bakso super

Variabel keputusan dinyatakan dalam satuan butir bakso karena hasil produksi akhir yang menjadi dasar pengambilan keputusan operasional rumah makan dinyatakan dalam jumlah produk siap jual. Variabel tersebut harus memenuhi syarat:

$$x_1, x_2, x_3, x_4 \geq 0 \text{ dan } x_1, x_2, x_3, x_4 \in \mathbb{Z}$$

Model matematis disusun berdasarkan fungsi tujuan dan fungsi kendala yang merepresentasikan kondisi nyata sistem produksi bakso. Penelitian ini berfokus pada optimasi jumlah produksi berdasarkan keterbatasan bahan baku dan kebutuhan

minimum produksi, sehingga aspek keuntungan penjualan belum dimasukkan karena keterbatasan data finansial usaha. Fungsi tujuan penelitian adalah memaksimalkan total jumlah produksi bakso dalam satu siklus produksi, yaitu:

$$\text{Maksimumkan } Z = x_1 + x_2 + x_3 + x_4$$

Dengan syarat:

$$x_1, x_2, x_3, x_4 \in \mathbb{Z}_{\geq 0}$$

Fungsi kendala dibentuk berdasarkan keterbatasan bahan baku dan batas minimum produksi setiap varian bakso. Bentuk umum kendala bahan baku adalah:

$$a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + a_{13}x_3 + a_{14}x_4 \leq b_1$$

$$\vdots$$

$$a_{n1}x_1 + a_{n2}x_2 + a_{n3}x_3 + a_{n4}x_4 \leq b_n$$

Dengan:

- a_{ij} = kebutuhan bahan baku ke- i pada varian bakso ke- j
- b_i = jumlah persediaan bahan baku ke- i

Sedangkan kendala minimum produksi dinyatakan dalam bentuk:

$$x_j \geq m_j$$

Dengan m_j menyatakan jumlah minimum produksi varian bakso ke- j . Penambahan kendala minimum produksi dilakukan agar solusi optimal tetap memenuhi kebutuhan operasional usaha dan menjaga keberagaman produk yang dijual.

Penyelesaian model dilakukan menggunakan software POM-QM for Windows yang menggunakan pendekatan metode Branch and Bound. Parameter berupa fungsi tujuan, kendala bahan baku, kendala minimum produksi, dan syarat integer dimasukkan ke dalam perangkat lunak untuk memperoleh solusi optimal berupa jumlah produksi setiap varian bakso. Hasil perhitungan kemudian dievaluasi dengan menganalisis penggunaan bahan baku, kendala aktif (binding constraints), serta pengaruh kendala minimum produksi terhadap solusi optimal yang diperoleh. Selain itu, hasil optimasi dibandingkan dengan kondisi produksi aktual untuk melihat tingkat efisiensi penggunaan bahan baku dan implikasinya terhadap pengambilan keputusan produksi yang lebih efisien, terukur, realistis, dan berbasis data.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses produksi bakso pada Rumah Makan Jawa Lumintu dilakukan setiap 4 hari sekali melalui penggilingan bahan baku yang menghasilkan 7 adonan, terdiri atas 4 adonan bakso biasa, 1 adonan bakso urat, 1 adonan bakso tenes, dan 1 adonan bakso super. Setiap varian memiliki komposisi bahan baku dan hasil produksi yang berbeda. Komposisi dasar tiap adonan meliputi 5.000 gram daging sapi, 3.000 gram tepung, 400 gram es batu, 250 gram bawang putih, 200 gram garam, 50 gram merica, 100 gram vetsin atau kaldu jamur, dan 250 gram telur. Beberapa varian menggunakan tambahan bahan tertentu, seperti 250 gram urat sapi pada bakso urat dan 150 gram daging cincang pada bakso super. Bakso tenes memiliki karakteristik khusus karena menggunakan tambahan telur utuh sebagai isi produk sehingga total kebutuhan telur dalam satu adonan mencapai 10.250 gram. Dalam satu adonan dihasilkan sekitar 1200 butir bakso biasa, 240 butir bakso urat, 200 butir bakso tenes, dan 80 butir bakso super.

Ketersediaan bahan baku dalam satu siklus produksi selama 4 hari terdiri atas 38.000 gram daging sapi, 24.000 gram tepung, 3.000 gram es batu, 1.800 gram bawang putih, 1.500 gram garam, 350 gram merica, 750 gram vetsin atau kaldu jamur, 16.500 gram telur, 650 gram urat sapi, dan 400 gram daging cincang. Selain itu, ditetapkan batas minimum produksi sebesar 1000 butir bakso biasa, 150 butir bakso tenes, 200 butir bakso urat, dan 50 butir bakso super untuk menjaga ketersediaan seluruh varian produk. Dalam kondisi keterbatasan bahan baku, penentuan jumlah produksi berdasarkan perkiraan berpotensi menyebabkan ketidakefisienan penggunaan sumber daya dan ketidaksesuaian produksi terhadap kebutuhan operasional usaha. Oleh karena itu, digunakan model Integer Linear Programming untuk menentukan jumlah produksi optimal setiap varian bakso dengan mempertimbangkan keterbatasan bahan baku, syarat integer, dan kendala minimum produksi.

Koefisien kebutuhan bahan baku pada model diperoleh dari rasio antara jumlah bahan baku yang digunakan dalam satu adonan dengan jumlah produk yang dihasilkan dari adonan tersebut. Secara umum, kebutuhan bahan baku per unit produk dinyatakan sebagai:

$$k_{ij} = \frac{a_{ij}}{p_j}$$

Dengan:

- k_{ij} = kebutuhan bahan baku ke- i pada varian produk ke- j ,
- a_{ij} = jumlah bahan baku ke- i yang digunakan dalam satu adonan varian ke- j ,
- p_j = jumlah produk yang dihasilkan dari satu adonan varian ke- j .

Hasil perhitungan tersebut digunakan untuk membentuk koefisien fungsi kendala berdasarkan keterbatasan bahan baku yang tersedia. Selain kendala bahan baku, model juga dilengkapi dengan kendala minimum produksi agar solusi optimal yang diperoleh tidak hanya efisien secara matematis, tetapi juga realistis dan sesuai dengan kebutuhan operasional rumah makan.

Berikut ini kebutuhan produksi varian bakso berdasarkan adonan yang diperoleh dari satu kali penggilingan.

Tabel 2. Komposisi Setiap Adonan Varian Bakso

Komposisi 1 Adonan	Daging Sapi	Tepung	Es Batu	Bawang Putih	Garam	Merica	Vetsin			
							/ Kaldu Jamur	Telur	Urut Sapi	Daging Cincang
Bakso Biasa	5000	3000	400	250	200	50	100	250	0	0
Bakso Tenes	5000	3000	400	250	200	50	100	10250	0	0
Bakso Urut	5000	3000	400	250	200	50	100	250	250	0
Bakso Super	5000	3000	400	250	200	50	100	250	0	150
Persediaan	38000	24000	3000	1800	1500	350	750	16500	650	400

Penentuan Matematis Fungsi Tujuan dan Kendala

Tabel 3. Komposisi Bakso Biasa per Adonan dan per Butir

Komposisi 1 Adonan Bakso Biasa	Kebutuhan Bahan (gr)	Hasil Bakso per 1 Adonan (Data Real)	Komposisi per 1 butir Bakso Biasa (gr)
Daging Sapi	5000	1200	4,166666667
Tepung	3000		2,5
Es Batu	400		0,333333333
Bawang Putih	250		0,208333333
Garam	200		0,166666667
Merica	50		0,041666667
Vetsin / Kaldu Jamur	100		0,083333333
Telur	250		0,208333333

Tabel 4. Komposisi Bakso Tenes per Adonan dan per Butir

Komposisi 1 Adonan Bakso Tenes	Kebutuhan Bahan (gr)	Hasil Bakso per 1 Adonan (Data Real)	Komposisi per 1 butir Bakso Tenes (gr)
Daging Sapi	5000	200	25
Tepung	3000		15
Es Batu	400		2
Bawang Putih	250		1,25
Garam	200		1
Merica	50		0,25
Vetsin / Kaldu Jamur	100		0,5
Telur	10250		51,25

Tabel 5. Komposisi Bakso Urat per Adonan dan per Butir

Komposisi 1 Adonan Bakso Urat	Kebutuhan Bahan (gr)	Hasil Bakso per 1 Adonan (Data Real)	Komposisi per 1 butir Bakso Urat (gr)
Daging Sapi	5000	240	20,83333333
Tepung	3000		12,5
Es Batu	400		1,666666667
Bawang Putih	250		1,041666667
Garam	200		0,833333333
Merica	50		0,208333333
Vetsin / Kaldu Jamur	100		0,416666667
Telur	250		1,041666667
Urat Sapi	250	1,041666667	

Tabel 6. Komposisi Bakso Super per Adonan dan per Butir

Komposisi 1 Adonan Bakso Super	Kebutuhan Bahan (gr)	Hasil Bakso per 1 Adonan (Data Real)	Komposisi per 1 butir Bakso Urat (gr)
Daging Sapi	5000	80	62,5
Tepung	3000		37,5
Es Batu	400		5
Bawang Putih	250		3,125
Garam	200		2,5
Merica	50		0,625
Vetsin / Kaldu Jamur	100		1,25
Telur	250		3,125
Daging Cincang	150	1,875	

Dari tabel-tabel diatas diperoleh formula matematis untuk fungsi tujuan dan kendalanya yaitu:

$$\text{Maksimumkan } Z = x_1 + x_2 + x_3 + x_4$$

Variabel Keputusan:

- a) x_1 = jumlah produksi bakso biasa
- b) x_2 = jumlah produksi bakso tenes
- c) x_3 = jumlah produksi bakso urat
- d) x_4 = jumlah produksi bakso super

Fungsi Kendala:

- a) Daging Sapi: $4,17x_1 + 25x_2 + 20,83x_3 + 62,5x_4 \leq 38000$
- b) Tepung: $2,5x_1 + 15x_2 + 12,5x_3 + 37,5x_4 \leq 24000$
- c) Es Batu: $0,33x_1 + 2x_2 + 1,67x_3 + 5x_4 \leq 3000$
- d) Bawang Putih: $0,21x_1 + 1,25x_2 + 1,04x_3 + 3,13x_4 \leq 1800$
- e) Garam: $0,17x_1 + x_2 + 0,84x_3 + 2,5x_4 \leq 1500$
- f) Merica: $0,04x_1 + 0,25x_2 + 0,21x_3 + 0,63x_4 \leq 350$
- g) Vetsin/Kaldu Jamur: $0,08x_1 + 0,5x_2 + 0,42x_3 + 1,25x_4 \leq 750$
- h) Telur: $0,21x_1 + 51,25x_2 + 1,04x_3 + 3,13x_4 \leq 16500$
- i) Urat Sapi: $1,04x_3 \leq 650$
- j) Daging Cincang: $1,86x_4 \leq 400$
- k) Produksi Minimum Bakso Biasa: $x_1 \geq 1000$
- l) Produksi Minimum Bakso Tenes: $x_2 \geq 150$
- m) Produksi Minimum Bakso Urat: $x_3 \geq 200$
- n) Produksi Minimum Bakso Super: $x_4 \geq 50$

Variabel Pembatas:

- a) $x_1, x_2, x_3, x_4 \in \mathbb{Z}_{\geq 0}$

Dengan demikian, diperoleh bentuk matematis utuh sebagai berikut:

$$\text{Max } Z = x_1 + x_2 + x_3 + x_4$$

$$\text{subject to } 4,17x_1 + 25x_2 + 20,83x_3 + 62,5x_4 \leq 38000$$

$$2,5x_1 + 15x_2 + 12,5x_3 + 37,5x_4 \leq 24000$$

$$0,33x_1 + 2x_2 + 1,67x_3 + 5x_4 \leq 3000$$

$$0,21x_1 + 1,25x_2 + 1,04x_3 + 3,13x_4 \leq 1800$$

$$0,17x_1 + x_2 + 0,84x_3 + 2,5x_4 \leq 1500$$

$$0,04x_1 + 0,25x_2 + 0,21x_3 + 0,63x_4 \leq 350$$

$$0,08x_1 + 0,5x_2 + 0,42x_3 + 1,25x_4 \leq 750$$

$$0,21x_1 + 51,25x_2 + 1,04x_3 + 3,13x_4 \leq 16500$$

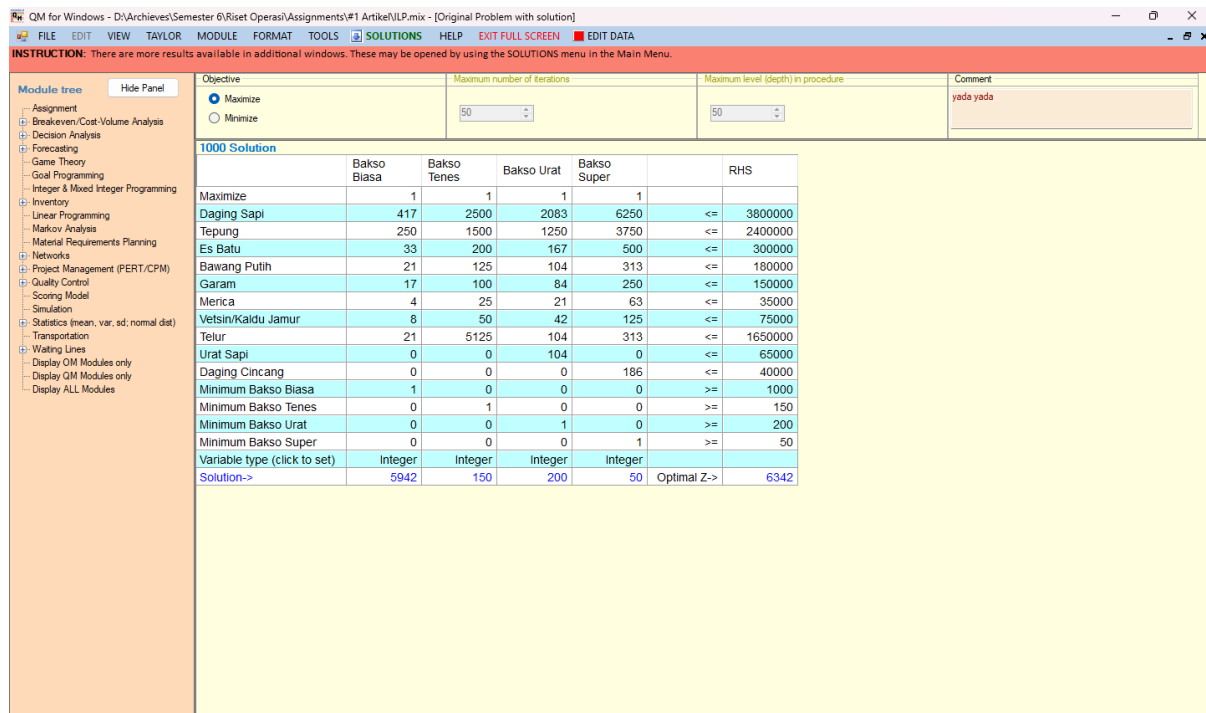
$$1,04x_3 \leq 650$$

$$1,86x_4 \leq 400$$

$$\begin{aligned}
 x_1 &\geq 1000 \\
 x_2 &\geq 150 \\
 x_3 &\geq 200 \\
 x_4 &\geq 50 \\
 x_1, x_2, x_3, x_4 &\in \mathbb{Z}
 \end{aligned}$$

3.1 Hasil

Dengan menggunakan bantuan software computer berupa POM QM for Windows, diperoleh hasil sebagai berikut:



Gambar 1. Hasil Perhitungan POM QM for Windows

Untuk memperjelas hasil, bisa amati Tabel 7.

Tabel 7. Hasil Perhitungan Menggunakan POM QM for Windows

	Bakso Biasa	Bakso Tenes	Bakso Urat	Bakso Super		RHS
Maximize	1	1	1	1		
Daging Sapi	417	2500	2083	6250	<=	3800000
Tepung	250	1500	1250	3750	<=	2400000
Es Batu	33	200	167	500	<=	300000
Bawang Putih	21	125	104	313	<=	180000
Garam	17	100	84	250	<=	150000
Merica	4	25	21	63	<=	35000

	Bakso Biasa	Bakso Tenes	Bakso Urut	Bakso Super		RHS
Vetsin/Kaldu Jamur	8	50	42	125	<=	75000
Telur	21	5125	104	313	<=	1650000
Urut Sapi	0	0	104	0	<=	65000
Daging Cincang	0	0	0	186	<=	40000
Minimum Bakso Biasa	1	0	0	0	=>	1000
Minimum Bakso Tenes	0	1	0	0	=>	150
Minimum Bakso Urat	0	0	1	0	=>	200
Minimum Bakso Super	0	0	0	1	=>	50
Variable type	Integer	Integer	Integer	Integer		
Solution->	5942	150	200	50	Optimal Z->	6342

Koefisien desimal pada model dibulatkan hingga dua angka di belakang koma untuk mempermudah proses input dan implementasi menggunakan perangkat lunak POM-QM for Windows. Pembulatan tersebut hanya dilakukan pada tahap penyajian model, sedangkan nilai asli hasil perhitungan komposisi bahan baku tetap digunakan sebagai dasar pembentukan model matematis sehingga tidak mengubah representasi kondisi nyata sistem produksi.

3.2 Pembahasan

Berdasarkan hasil perhitungan menggunakan metode Integer Linear Programming dengan pendekatan Branch and Bound berbantuan software POM-QM for Windows, diperoleh kombinasi produksi optimal pada Rumah Makan Jawa Lumintu, yaitu 5942 butir bakso biasa, 150 butir bakso tenes, 200 butir bakso urat, dan 50 butir bakso super dalam satu siklus produksi selama 4 hari. Kombinasi tersebut menghasilkan total produksi maksimum sebesar 6342 butir bakso dengan tetap memenuhi seluruh kendala bahan baku, kendala minimum produksi, dan syarat bilangan bulat (integer). Hasil ini menunjukkan bahwa model Integer Linear Programming mampu menghasilkan solusi produksi yang optimal sekaligus realistis sesuai kondisi operasional usaha rumah makan. Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian F. Julian Putri Adityas dan D. Idayani (2024), M. D. Setiawam (2022), I. Marfuah dan D. Dwijanto (2021), serta D. Syafitri, Kamid, dan N. Rarasati (2021) yang menunjukkan bahwa metode Integer Linear Programming efektif digunakan untuk menentukan kombinasi produksi optimal pada industri makanan berdasarkan keterbatasan sumber daya yang tersedia.

Hasil optimasi menunjukkan bahwa jumlah produksi bakso biasa memiliki nilai paling besar dibandingkan varian lainnya. Kondisi ini terjadi karena bakso biasa memiliki kebutuhan bahan baku per butir yang relatif lebih kecil dibandingkan varian lainnya sehingga lebih efisien dalam penggunaan sumber daya. Dengan tingkat konsumsi bahan baku yang lebih rendah, model cenderung meningkatkan jumlah produksi bakso biasa

untuk memaksimalkan total produksi keseluruhan. Temuan ini sesuai dengan prinsip dasar pemrograman linear dan Integer Linear Programming, di mana solusi optimal akan mengalokasikan sumber daya pada variabel keputusan yang memberikan tingkat efisiensi tertinggi terhadap fungsi tujuan (Taha, 2017; Hillier & Lieberman, 2001).

Meskipun model cenderung meningkatkan produksi bakso biasa, hasil optimasi tetap mempertahankan seluruh varian bakso melalui penerapan kendala minimum produksi, yaitu 1000 butir bakso biasa, 150 butir bakso tenes, 200 butir bakso urat, dan 50 butir bakso super. Penambahan kendala minimum tersebut menyebabkan solusi optimal yang diperoleh tidak hanya berorientasi pada efisiensi matematis, tetapi juga mempertimbangkan kebutuhan operasional nyata rumah makan. Tanpa kendala minimum produksi, model optimasi berpotensi memusatkan produksi pada varian yang paling efisien sehingga beberapa varian lain dapat diproduksi dalam jumlah sangat sedikit atau bahkan tidak diproduksi sama sekali. Oleh karena itu, model Integer Linear Programming pada penelitian ini tidak hanya berfungsi sebagai alat optimasi teoritis, tetapi juga sebagai alat pendukung keputusan produksi yang lebih realistis dan aplikatif.

Analisis terhadap kendala model menunjukkan bahwa beberapa bahan baku berperan penting dalam proses optimasi, terutama telur, daging sapi, urat sapi, dan daging cincang. Tingginya kebutuhan telur pada bakso tenes menyebabkan peningkatan produksinya sangat dipengaruhi oleh ketersediaan telur dalam satu siklus produksi. Selain itu, daging sapi menjadi salah satu kendala utama karena digunakan pada seluruh varian bakso sehingga sangat memengaruhi jumlah produksi optimal yang dapat dicapai. Sementara itu, urat sapi dan daging cincang membatasi kapasitas produksi bakso urat dan bakso super karena kedua bahan tersebut hanya digunakan pada varian tertentu dan jumlah persediaannya terbatas.

Untuk melihat kendala aktif (binding constraints), dilakukan substitusi hasil solusi optimal ke dalam fungsi kendala. Berdasarkan hasil perhitungan, penggunaan telur pada solusi optimal adalah:

$$0,21(5942) + 51,25(150) + 1,04(200) + 3,13(50) = 9299,82$$

Sedangkan penggunaan daging sapi adalah:

$$4,17(5942) + 25(150) + 20,83(200) + 62,5(50) = 35.818,14$$

Hasil tersebut menunjukkan bahwa penggunaan daging sapi berada paling dekat dengan kapasitas maksimum yang tersedia dibandingkan bahan baku lainnya sehingga menjadi salah satu kendala aktif yang paling memengaruhi solusi optimal. Selain itu, bahan baku khusus seperti urat sapi dan daging cincang juga membatasi kapasitas produksi varian tertentu karena jumlah persediaannya terbatas.

Untuk menilai efektivitas model yang dibangun, hasil optimasi dibandingkan dengan kondisi produksi aktual yang selama ini diterapkan oleh Rumah Makan Jawa Lumintu. Berdasarkan hasil observasi dan wawancara, dalam satu siklus produksi selama 4 hari usaha ini memproduksi 4 adonan bakso biasa, 1 adonan bakso tenes, 1 adonan bakso urat, dan 1 adonan bakso super. Dengan kapasitas produksi masing-masing 1200 butir bakso biasa, 200 butir bakso tenes, 240 butir bakso urat, dan 80 butir bakso super per adonan, diperoleh total produksi aktual sebesar 5320 butir bakso yang terdiri atas 4800 butir bakso biasa, 200 butir bakso tenes, 240 butir bakso urat, dan 80 butir bakso super. Setelah diterapkan model Integer Linear Programming, total produksi meningkat menjadi 6342 butir bakso. Dengan demikian, terjadi peningkatan produksi sebesar 1022 butir atau sekitar 19,21% dibandingkan kondisi aktual. Hasil ini menunjukkan bahwa model optimasi mampu mengalokasikan bahan baku yang tersedia secara lebih efektif sehingga menghasilkan jumlah produksi yang lebih tinggi tanpa melanggar kendala ketersediaan bahan baku maupun batas minimum produksi yang telah ditetapkan.

Tabel 8. Perbandingan Produksi Aktual dan Hasil Optimasi

Varian Bakso	Produksi Aktual (butir)	Hasil Optimasi (butir)	Selisih (butir)
Bakso Biasa	4800	5942	+1142
Bakso Tenes	200	150	-50
Bakso Urat	240	200	-40
Bakso Super	80	50	-30
Total	5320	6342	+1022

Meskipun hasil optimasi menunjukkan penurunan jumlah produksi pada bakso tenes, bakso urat, dan bakso super dibandingkan kondisi aktual, kondisi tersebut tidak menunjukkan penurunan kinerja model. Hal ini terjadi karena fungsi tujuan penelitian adalah memaksimalkan total jumlah produksi seluruh varian bakso dengan tetap memenuhi batas minimum produksi yang telah ditetapkan. Pada solusi optimal, produksi bakso tenes ditetapkan sebesar 150 butir, yaitu sama dengan batas minimum produksi yang diperbolehkan dalam model. Keputusan ini dihasilkan karena bakso tenes memiliki kebutuhan bahan baku per butir yang relatif lebih besar, terutama penggunaan telur, dibandingkan varian lainnya. Oleh karena itu, model mengalokasikan sebagian besar sumber daya yang tersedia pada bakso biasa yang memiliki tingkat efisiensi penggunaan bahan baku lebih tinggi sehingga mampu meningkatkan total produksi keseluruhan. Dengan strategi alokasi tersebut, total produksi meningkat dari 5320 butir pada kondisi aktual menjadi 6342 butir pada hasil optimasi, atau meningkat sebesar 19,21%.

Tabel 9. Perbandingan Tingkat Pemanfaatan Bahan Baku pada Produksi Aktual dan Hasil Optimasi

Bahan Baku	Aktual (%)	Optimasi (%)
Daging sapi	92,11	94,27
Tepung	87,50	89,50
Es batu	93,33	94,73
Bawang putih	97,22	99,73
Garam	93,33	96,88
Merica	100,00	99,62
Vetsin/Kaldu Jamur	93,33	92,91
Telur	69,70	56,32
Urat sapi	38,46	32,00
Daging cincang	37,50	23,25

Untuk memberikan data pembandingan terhadap kondisi produksi aktual, dilakukan analisis tingkat pemanfaatan bahan baku pada kedua kondisi sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 9. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa sebagian besar bahan baku utama mengalami peningkatan tingkat pemanfaatan pada hasil optimasi. Pemanfaatan daging sapi meningkat dari 92,11% menjadi 94,27%, tepung dari 87,50% menjadi 89,50%, es batu dari 93,33% menjadi 94,73%, bawang putih dari 97,22% menjadi 99,73%, serta garam dari 93,33% menjadi 96,88%. Tingkat pemanfaatan merica dan vetsin atau kaldu jamur juga tetap berada pada tingkat yang tinggi, masing-masing sebesar 99,62% dan 92,91%. Sementara itu, tingkat pemanfaatan telur, urat sapi, dan daging cincang relatif lebih rendah karena bahan baku tersebut hanya digunakan pada varian bakso tertentu sehingga penggunaannya sangat dipengaruhi oleh batas minimum produksi yang ditetapkan dalam model.

Hasil tersebut menunjukkan bahwa model Integer Linear Programming mampu mengalokasikan sebagian besar bahan baku utama secara lebih optimal dibandingkan sistem produksi aktual. Peningkatan pemanfaatan bahan baku utama tersebut berdampak pada peningkatan total produksi dari 5320 butir menjadi 6342 butir atau meningkat sebesar 1022 butir (19,21%). Dengan demikian, peningkatan kinerja model tidak hanya ditunjukkan oleh bertambahnya jumlah produksi, tetapi juga oleh kemampuan model dalam memanfaatkan sumber daya yang tersedia secara lebih efektif dengan tetap memenuhi seluruh kendala ketersediaan bahan baku dan batas minimum produksi yang telah ditetapkan.

Secara keseluruhan, hasil penelitian menunjukkan bahwa metode Integer Linear Programming dengan pendekatan Branch and Bound mampu menghasilkan solusi produksi berbentuk bilangan bulat yang sesuai dengan kondisi nyata proses produksi bakso. Berbeda dengan pemrograman linear biasa yang masih memungkinkan munculnya solusi pecahan, pendekatan Integer Linear Programming memastikan bahwa

seluruh hasil keputusan produksi berada pada nilai integer sehingga lebih realistis diterapkan pada sistem produksi rumah makan (Vanderbei, 2014). Penelitian ini juga memiliki perbedaan dibandingkan penelitian terdahulu karena menerapkan model optimasi pada sistem produksi bakso multi-varian dengan mempertimbangkan detail komposisi bahan baku nyata serta kendala minimum produksi pada setiap varian produk. Selain itu, dibandingkan sistem produksi aktual yang sebelumnya masih berdasarkan pengalaman dan perkiraan pemilik usaha, pendekatan optimasi matematis mampu menghasilkan sistem pengambilan keputusan produksi yang lebih efisien, terukur, realistis, dan berbasis data.

4. SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, metode Integer Linear Programming (ILP) dengan pendekatan Branch and Bound dapat digunakan secara efektif untuk menentukan jumlah produksi optimal beberapa varian bakso pada Rumah Makan Jawa Lumintu berdasarkan keterbatasan bahan baku, syarat bilangan bulat (integer), dan kendala minimum produksi. Hasil optimasi menunjukkan bahwa kombinasi produksi optimal dalam satu siklus produksi selama 4 hari adalah 5942 butir bakso biasa, 150 butir bakso tenes, 200 butir bakso urat, dan 50 butir bakso super dengan total produksi maksimum sebesar 6342 butir bakso. Model cenderung meningkatkan produksi bakso biasa karena memiliki efisiensi penggunaan bahan baku yang lebih tinggi dibandingkan varian lainnya. Penerapan kendala minimum produksi memastikan seluruh varian bakso tetap diproduksi sesuai kebutuhan operasional rumah makan sehingga solusi yang diperoleh tidak hanya optimal secara matematis, tetapi juga realistis dan sesuai kondisi nyata usaha. Selain itu, bahan baku seperti daging sapi dan telur berperan penting dalam menentukan solusi optimal karena tingkat penggunaannya yang tinggi pada beberapa varian bakso. Secara keseluruhan, model yang dibangun mampu membantu pelaku usaha dalam menyusun keputusan produksi yang lebih efisien, terukur, realistis, dan berbasis data.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada pemilik Rumah Makan Jawa Lumintu atas izin penelitian serta data dan informasi yang diberikan. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada dosen pembimbing, Program Studi Pendidikan Matematika FMIPAK Universitas Negeri Manado, serta seluruh pihak yang telah memberikan arahan, dukungan, dan bantuan selama proses penelitian. Penulis berharap penelitian ini dapat bermanfaat bagi pengembangan ilmu Riset Operasi dan optimasi matematis, khususnya dalam pengambilan keputusan produksi yang lebih efisien dan realistis pada usaha kuliner.

6. REKOMENDASI

Berdasarkan hasil penelitian, penelitian selanjutnya disarankan untuk mengembangkan model optimasi dengan menambahkan variabel seperti keuntungan penjualan, biaya produksi, permintaan konsumen, dan fluktuasi harga bahan baku agar model lebih kompleks dan realistis. Pendekatan optimasi multi-tujuan seperti Goal Programming serta metode lain seperti Cutting Plane, Dynamic Programming, maupun pendekatan berbasis kecerdasan buatan juga dapat digunakan sebagai alternatif dan bahan perbandingan dengan metode Branch and Bound. Selain itu, penelitian berikutnya dapat mempertimbangkan faktor ketidakpastian seperti perubahan permintaan, keterlambatan pasokan bahan baku, dan perubahan harga pasar, serta melakukan analisis sensitivitas terhadap perubahan parameter model untuk melihat stabilitas solusi optimal yang dihasilkan. Bagi Rumah Makan Jawa Lumintu, hasil penelitian ini diharapkan dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan dalam menyusun perencanaan produksi yang lebih efisien, terukur, realistis, dan berbasis data melalui sistem pencatatan bahan baku dan hasil produksi yang lebih terstruktur.

7. REFERENSI

- Badan Pusat Statistik Indonesia. (23 Desember 2024). *Statistik Penyediaan Makanan dan Minuman 2023*. Diakses pada 18 Mei 2026, dari <https://www.bps.go.id/id/publication/2024/12/23/f2c7743c4712aaeaa4abf694/statistik-penyediaan-makanan-dan-minuman-2023.html>
- Basriati, S. (2018). Integer Linear Programming Dengan Pendekatan Metode Cutting Plane dan Branch and Bound Untuk Optimasi Produksi Tahu. *Jurnal Sains Matematika dan Statistika*, 4(2), 95-104. <http://dx.doi.org/10.24014/jsms.v4i2.6203>
- Dantzig, G. B. (1963). *Linear Programming and Extensions*. The RAND Corporation. <https://doi.org/10.7249/R366>
- Hillier, F. S., & Lieberman, G. J. (2001). *Introduction to Operations Research* (7th ed.). Boston, Massachusetts: McGraw-Hill. <https://doi.org/10.2307/2345190>
- Julian Putri Adityas, F., & Idayani, D. (2024). Optimasi Keuntungan Karai Bakery Menggunakan Integer Linear Programming. *JANGKA : Jurnal Aplikasi Bidang Matematika*, 1(1), 14-21. doi:10.36841/jangka.v1i1.4587
- Kementerian Keuangan Republik Indonesia. (2025). *Telaah Fiskal Tema UMKM 2025*. Diakses pada 19 Mei 2026, dari https://fiskal.kemenkeu.go.id/files/tekf/file/1745827509_tekf_i_2025.pdf
- Kementerian PPN/Bappenas. (2024). *Laporan Analisis Daya Saing UMKM di Indonesia*. Diakses pada 18 Mei 2026, dari https://perpustakaan.bappenas.go.id/e-library/file_upload/koleksi/migrasi-data-publikasi/file/Unit_Kerja/Deputi_Bidang_Kependudukan_dan_Ketenagakerjaan/Direktora_t-Pengembangan-Usaha-Kecil-Menengah-dan-Koperasi/Laporan%20Analisis%20Daya%20Saing%20UMKM%20di%20Indonesia.pdf
- Marfuah, I., & Dwijanto, D. (2021). Optimization the production profit of pabrik olahan bandeng Nirwana in Pati Regency using integer linear programming method with the solver assisted. *Unnes Journal of Mathematics*, 38-46. [10.15294/ujm.v10i1.43396](https://doi.org/10.15294/ujm.v10i1.43396)

- Nurjanah, A., & Idayani, D. (2024, August). Pendekatan integer linear programming untuk mengoptimalkan produksi perencanaan kerupuk. In *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi" SainTek"* (Vol. 1, No. 2, pp. 101-107).
- Setiawam, M. D. (2022). *Penerapan Integer Linear Programming dengan Menggunakan Metode Branch and Bound Untuk Mengoptimalkan Jumlah Produksi Roti Isi pada France Bakery Binjai* (Doctoral dissertation, Universitas Sumatera Utara). <https://doi.org/10.30743/mes.v8i1.5995>
- Siregar, A., & Sitepu, S. (2024). Implementasi Integer Linear Programming Dengan Metode Branch And Bound Dalam Menentukan Optimasi Jumlah Produksi (Studi Kasus: Pabrik Roti Wati Bakery). *Leibniz: Jurnal Matematika*, 4(2), 42-55. <https://doi.org/10.59632/leibniz.v4i02.414>
- Syafitri, D., Kamid, K., & Rarasati, N. (2021). Pengoptimalan Jumlah Produksi Roti Menggunakan Metode Branch and Bound. *Imajiner: Jurnal Matematika dan Pendidikan Matematika*, 3(2), 183-194. doi:<https://doi.org/10.26877/imajiner.v3i2.8099>
- Taha, H. A. (2017). *Operations Research: An Introduction* (10th ed., Global Edition). London: Pearson.
- Vanderbei, R. J. (2014). *Linear Programming: Foundations and Extensions* (4th ed.). New York: Springer. <https://doi.org/10.1007/978-1-4614-7630-6>