



Penerapan *Integer Liniear Programming* untuk Mengoptimalkan Jumlah Hasil Produksi Keripik Singkong pada UD. Kreasi Lutvi Menggunakan Metode *Branch and Bound*

**Rahel Anggita¹, Sawaluddin²,
Parapat Gultom³, Romi Syahputra⁴**

Universitas Sumatera Utara ^{1,2,3,4}

e-mail: rahelanggita184@gmail.com

Abstract

This study aims to optimize the production quantity of cassava chips at UD. Kreasi Lutvi by applying the Integer Linear Programming (ILP) model and the Branch and Bound method. The ILP model was developed to represent the production optimization problem by considering various resource constraints, such as raw material capacity, labor availability, and production time. The model was solved using QM for Windows software to obtain an optimal solution systematically. The results indicate that the Branch and Bound method effectively improves production allocation efficiency by maximizing the production of variants that contribute the highest profits, namely the Original and Balado variants, while reducing or eliminating less profitable variants such as Rica-Rica and Garlic. Through this optimization process, the company's total monthly profit increased from Rp324,684,750.00 to Rp333,750,000.00. These findings demonstrate that the application of ILP-based optimization methods can provide efficient and practical solutions to support strategic decision-making, particularly in enhancing profitability and production effectiveness within the snack food industry.

Keywords: *Integer Linear Programming, Branch and Bound, Production Optimization.*

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan jumlah produksi keripik singkong pada UD. Kreasi Lutvi dengan menerapkan model Integer Linear Programming (ILP) dan metode Branch and Bound. Model ILP dibangun untuk merepresentasikan permasalahan optimasi produksi dengan mempertimbangkan berbagai kendala sumber daya yang tersedia, seperti kapasitas bahan baku, tenaga kerja, serta waktu produksi. Proses penyelesaian model dilakukan dengan bantuan perangkat lunak QM for Windows untuk memperoleh solusi optimal secara sistematis. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode Branch and Bound mampu meningkatkan efisiensi alokasi produksi dengan memaksimalkan jumlah produksi pada varian yang memberikan kontribusi keuntungan tertinggi, yaitu varian Original dan Balado, serta mengurangi bahkan meniadakan produksi varian yang kurang menguntungkan seperti Rica-Rica dan Garlic. Melalui proses optimasi ini, total keuntungan bulanan perusahaan meningkat dari Rp324.684.750,00 menjadi Rp333.750.000,00. Temuan tersebut membuktikan bahwa penerapan metode optimasi berbasis ILP dapat memberikan solusi yang efisien dan aplikatif dalam mendukung pengambilan keputusan strategis, khususnya dalam upaya peningkatan profitabilitas dan efektivitas produksi pada industri makanan ringan.

Kata Kunci: Integer Linear Programming, Branch and Bound, Optimasi Produksi.

PENDAHULUAN

Industri makanan ringan di Indonesia telah mengalami perkembangan yang signifikan selama beberapa dekade terakhir. Sektor ini tidak hanya berkontribusi besar terhadap perekonomian, tetapi juga menciptakan lapangan kerja bagi masyarakat. Salah satu jenis makanan ringan yang populer adalah keripik singkong, yang dibuat dari singkong sebagai bahan baku utama. Makanan ini memiliki daya tarik tersendiri di kalangan konsumen Indonesia dan dunia, baik sebagai camilan sehari-hari maupun sebagai oleh-oleh khas daerah.

Menurut data dari Kementerian Koperasi dan UKM (2023), sektor makanan ringan menjadi salah satu subsektor unggulan bagi UMKM di Indonesia. Di tahun 2022, nilai ekspor makanan ringan Indonesia tercatat mencapai 1,2 triliun Rupiah, dan angka ini diperkirakan akan terus meningkat dalam beberapa tahun ke depan (Rahmansyah, 2024). Namun, meskipun potensi pasar yang besar, banyak UMKM di sektor ini, seperti UD. Kreasi Lutvi, menghadapi tantangan besar dalam mengelola produksi yang efisien dan mengoptimalkan hasil. UD. Kreasi Lutvi, yang merupakan salah satu produsen keripik singkong di Indonesia, beroperasi dengan sejumlah keterbatasan dalam hal sumber daya, seperti bahan baku, kapasitas produksi, dan tenaga kerja. Salah satu permasalahan utama yang dihadapi adalah kesulitan dalam merencanakan dan mengalokasikan sumber daya yang ada untuk memaksimalkan hasil produksi. Tanpa perencanaan yang baik, perusahaan cenderung memproduksi secara tidak efisien, yang berujung pada pemborosan sumber daya dan keuntungan yang tidak optimal (unair.ac.id). Permasalahan ini juga mencerminkan fenomena yang terjadi pada banyak UMKM lainnya yang menghadapi kendala serupa dalam merencanakan proses produksi mereka.

Dibutuhkan pendekatan yang lebih sistematis dalam perencanaan produksi untuk mencapai efisiensi yang optimal. Salah satu solusi yang banyak diterapkan dalam masalah optimasi produksi adalah *Integer linear programming* (ILP), yang merupakan cabang dari pemrograman linier yang memanfaatkan variabel integer untuk memecahkan masalah optimisasi dengan batasan tertentu. ILP dapat digunakan untuk merencanakan produksi dengan mempertimbangkan berbagai pembatas, seperti bahan baku, kapasitas produksi, dan waktu kerja. Dalam konteks ini, penggunaan metode *Branch and bound* menjadi sangat relevan, karena teknik ini dapat membantu mencari solusi optimal dalam masalah pemrograman linier dengan variabel integer, seperti yang dihadapi oleh UD. Kreasi Lutvi.

Branch and bound adalah algoritma yang umum digunakan untuk menyelesaikan masalah optimisasi yang memerlukan keputusan biner atau integer (Aisyah et al, 2017). Algoritma ini secara bertahap mengeksplorasi ruang solusi dengan cara mengelompokkan dan mengurangi kemungkinan

solusi hingga ditemukan solusi yang optimal. Penggunaan Qm for windows, perangkat lunak yang mampu menyelesaikan masalah ILP secara cepat dan efisien, menawarkan solusi praktis untuk masalah yang dihadapi oleh UD. Kreasi Lutvi.

Berbagai penelitian sebelumnya telah menunjukkan bahwa penerapan ILP dalam industri makanan dapat meningkatkan efisiensi produksi dan mengoptimalkan keuntungan. Misalnya, penelitian oleh Nurjanah & Idayani (2024) yang menggunakan ILP untuk merencanakan produksi pabrik tahu di Indonesia menunjukkan bahwa penerapan model tersebut dapat meningkatkan efisiensi bahan baku dan waktu produksi. Namun, meskipun sudah ada penelitian serupa dalam industri makanan ringan, masih terdapat kekurangan dalam hal penerapan ILP pada sektor UMKM keripik singkong, khususnya di Indonesia. Penelitian terdahulu cenderung terbatas pada penggunaan model yang lebih sederhana atau tidak mempertimbangkan metode Branch and bound yang lebih tepat dalam menyelesaikan masalah dengan banyak variabel integer.

Seiring dengan perkembangan teknologi dan semakin canggihnya perangkat lunak untuk analisis optimasi, penggunaan Qm for windows sebagai alat bantu dalam penelitian ini dapat membantu mengatasi keterbatasan penelitian sebelumnya. Dengan bantuan perangkat lunak ini, proses pemecahan masalah optimasi dapat dilakukan lebih cepat, efisien, dan akurat. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengisi kekosongan penelitian yang ada dan memberikan kontribusi dalam mengoptimalkan proses produksi keripik singkong melalui penerapan Integer linear programming dengan metode Branch and bound.

Penelitian ini akan memperkaya pemahaman tentang penerapan ILP di sektor UMKM, terutama di bidang produksi makanan ringan, serta memberikan wawasan baru dalam penggunaan metode Branch and bound untuk memecahkan masalah optimasi yang melibatkan variabel integer. Di sisi praktis, penelitian ini dapat memberikan manfaat langsung bagi UMKM, khususnya UD. Kreasi Lutvi, dengan memberikan solusi yang lebih efisien dan sistematis dalam merencanakan dan mengalokasikan sumber daya untuk mencapai hasil produksi yang optimal.

Penelitian ini juga diharapkan dapat memberikan kontribusi bagi pengembangan industri makanan ringan di Indonesia, yang semakin menghadapi persaingan ketat baik di pasar domestik maupun global. Dengan optimasi yang lebih baik, diharapkan produk-produk keripik singkong Indonesia dapat lebih kompetitif di pasar internasional, serta membuka peluang ekspor yang lebih besar bagi produsen lokal. Selain itu, penelitian ini juga akan memberikan wawasan baru bagi akademisi dan praktisi di bidang

optimasi produksi, khususnya yang terkait dengan penggunaan teknik ILP dan Branch and bound dalam konteks UMKM.

Sejalan dengan tujuan penelitian ini, kontribusi yang diharapkan meliputi pengembangan teori optimasi untuk sektor industri makanan ringan dan penerapan model matematis yang dapat diterapkan di berbagai sektor lainnya. Dalam jangka panjang, penerapan ILP dan Branch and bound ini dapat memperbaiki efisiensi produksi, mengurangi pemborosan, serta meningkatkan keuntungan bagi UMKM, sehingga berdampak positif terhadap perekonomian lokal dan nasional. Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk mengembangkan model Integer linear programming untuk mengoptimalkan jumlah produksi keripik singkong di UD. Kreasi Lutvi, menggunakan metode Branch and bound dengan bantuan perangkat lunak Qm for windows, serta membandingkan hasil keuntungan sebelum dan setelah penerapan model tersebut. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya memberikan solusi praktis bagi UD. Kreasi Lutvi, tetapi juga memberikan kontribusi baru dalam pengembangan ilmu pengetahuan di bidang optimasi produksi dan manajemen industri makanan ringan.

Operations research

Pertama kali riset operasi diperkenalkan oleh McClosky dan Trefthen di Bowsdey, Inggris pada tahun 1940. Pada masa awal perang 1939, para pemimpin militer Inggris memanggil sekelompok ahli-ahli sipil, dari berbagai disiplin dan mengkoordinasi mereka ke dalam suatu kelompok yang disertai tugas mencari cara-cara efisien untuk menggunakan alat yang baru ditemukan dan dinamakan radar dalam suatu system peringatan dini dalam menghadapi serangan udara. Kelompok ahli Inggris ini dan kelompok-kelompok lain berikutnya melakukan penelitian(research) pada operasi-operasi (operations) militer (Mulyono, 2016).

Kata operations dapat didefinisikan sebagai tindakan-tindakan yang diterapkan pada beberapa atau hipotesis. Sementara kata research adalah suatu proses yang terorganisasi dalam mencari kebenaran akan masalah atau hipotesis tadi (Mulyono, 2016). Menurut Operation research Society of America, operation research adalah penerapan metode-metode ilmiah dalam masalah yang kompleks dan suatu pengelolaan system manajemen yang besar, baik yang menyangkut manusia, mesin, bahan dan uang dalam industri, mesin, pemerintahan, dan pemerintahan. Definisi lain menurut Operational Research Society of America (ORSA), operation research berkaitan dengan pengambilan keputusan secara ilmiah dan bagaimana membuat suatu model yang baik dalam merancang dan menjalankan sistem yang melalui alokasi sumber daya yang terbatas. Inti dari berbagai kesimpulan di atas adalah bagaimana proses pengambilan keputusan yang optimal dengan menggunakan alat analisis yang ada dan adanya keterbatasan daya (Prastyawan & Lestari, 2020).

Model Dalam Operations Research

Model merupakan bentuk penyederhanaan dari permasalahan kompleks menjadi lebih mudah dipahami dan dianalisis. Dalam riset operasi, model diklasifikasikan ke dalam beberapa jenis sesuai dengan karakteristik dan tujuannya (Wijaya, 2013). Model ikonik (physical) menyajikan bentuk fisik dari objek nyata yang bisa diamati dan diraba, namun sulit untuk dimanipulasi. Berbeda dengan model analog yang mampu menggambarkan kondisi melalui ciri-ciri kesamaan, seperti jam dinding yang menunjukkan waktu berdasarkan panjang jarum dan pergerakannya. Sedangkan model matematik menggunakan simbol-simbol matematika untuk merepresentasikan hubungan variabel, yang terbagi menjadi model deterministik untuk kondisi pasti dan model probabilistik untuk situasi yang mengandung ketidakpastian.

Tahap-tahap Dalam Operation research

Menurut Wijaya (2013), penyelesaian masalah dalam riset operasi melibatkan serangkaian tahapan sistematis yang dimulai dengan merumuskan masalah secara jelas, termasuk penentuan variabel keputusan, tujuan yang ingin dicapai baik maksimalisasi maupun minimalisasi – dan batasan-batasan atau kendala yang mempengaruhi pencapaian tujuan tersebut. Setelah perumusan, langkah selanjutnya adalah membentuk model matematis yang merepresentasikan hubungan antar variabel agar permasalahan menjadi lebih terstruktur dan mudah dianalisis. Proses berlanjut dengan mencari solusi optimal melalui iterasi berdasarkan model yang telah dibentuk. Validasi model juga menjadi tahap penting, yakni dengan mengevaluasi kesesuaian hasil model terhadap kondisi nyata sebagai bentuk pengujian akurasi dan relevansinya. Tahap akhir adalah pelaksanaan keputusan, di mana perusahaan menjalankan strategi yang telah ditentukan untuk memastikan permasalahan dapat diatasi secara efektif, sekaligus menjadi momen untuk memperbaiki kekurangan yang mungkin masih tersisa (Wijaya, 2013).

Linier Programming

Linear Programming (Program Linier) adalah salah satu teknik dalam riset operasi yang sangat luas penggunaannya, pertama kali diperkenalkan oleh George B. Dantzig. Awalnya, metode ini digunakan dalam sektor militer, khususnya dalam bidang transportasi dan logistik, namun kemudian meluas ke bidang pemerintahan dan bisnis (Supatimah et al., 2019). Program linier dipahami sebagai pendekatan perencanaan yang digunakan untuk membantu pengambilan keputusan dari beberapa alternatif pilihan yang tersedia (Beneke dan Winterboer). Secara matematis, program linier adalah metode untuk mengalokasikan sumber daya yang terbatas guna mencapai tujuan tertentu, seperti memaksimalkan laba atau meminimalkan biaya (Mulyono). Hiller dan Lieberman mendefinisikan program linier sebagai model matematika yang menggambarkan suatu masalah dengan fungsi-fungsi linier, yang digunakan untuk merencanakan kegiatan secara optimal dari sejumlah alternatif yang

memungkinkan (Wijaya, 2013). Model ini sangat relevan dalam pengalokasian sumber daya secara optimal, terutama ketika kegiatan yang direncanakan bersaing dalam menggunakan sumber daya yang sama (Subagyo et al., 1986).

Terdapat dua jenis fungsi utama yaitu fungsi tujuan dan fungsi kendala. Fungsi tujuan mewakili sasaran yang ingin dicapai seperti keuntungan maksimum atau biaya minimum, biasanya dilambangkan dengan notasi Z . Sedangkan fungsi kendala menggambarkan batasan yang ada seperti jumlah air, tenaga kerja, atau bahan baku (Wijaya, 2013). Setelah permasalahan dan tujuan diidentifikasi, tahap berikutnya adalah merumuskan model matematis, yang mencakup penentuan variabel keputusan, pembentukan fungsi tujuan dalam bentuk linier, serta formulasi kendala dalam bentuk persamaan atau pertidaksamaan linier (Mulyono, 2004). Namun, tidak semua permasalahan optimasi dapat diselesaikan menggunakan metode ini. Menurut Sitorus (1997), model program linier harus memenuhi beberapa syarat seperti adanya tujuan yang jelas, sumber daya terbatas, hubungan linier antar variabel, serta variabel yang bernilai nonnegatif.

Program linier memiliki beberapa prinsip dasar, antara lain adanya sasaran yang ingin dioptimalkan, keberadaan tindakan alternatif, keterbatasan sumber daya, serta keterkaitan antar variabel dalam model matematika (Suyitno, 2010). Istilah-istilah teknis seperti variabel keputusan, nilai ruas kanan, variabel tambahan (slack/surplus), koefisien teknis, dan koefisien kontribusi juga sering digunakan dalam formulasi dan penyelesaian model linier (Suyitno, 2014). Selain itu, program linier didasarkan pada empat asumsi penting yaitu proporsionalitas, aditivitas, divisibilitas, dan deterministik. Asumsi proporsionalitas mengartikan bahwa perubahan dalam variabel akan berdampak proporsional terhadap hasil, sedangkan aditivitas menyiratkan bahwa kontribusi tiap variabel independen satu sama lain. Divisibilitas memungkinkan hasil dalam bentuk pecahan, dan deterministik menunjukkan bahwa semua parameter diketahui secara pasti (Subagyo et al., 1986).

Model Program Linier

Model program linier pada dasarnya berfokus pada pemilihan nilai terbaik dari sejumlah variabel keputusan guna memaksimalkan atau meminimalkan suatu fungsi tujuan. Secara matematis, model ini dirumuskan dalam bentuk fungsi objektif Z yang ingin dioptimalkan, dengan batasan berupa sistem pertidaksamaan linier yang melibatkan variabel keputusan dan koefisien model seperti kebutuhan sumber daya, ketersediaannya, serta kontribusi tiap unit kegiatan (Sitorus, 1997). Penyelesaian program linier dapat dilakukan melalui dua metode utama, yaitu metode grafik dan metode simpleks. Metode grafik lebih bersifat visual dan cocok untuk masalah dengan dua variabel saja. Prosesnya melibatkan pemetaan fungsi tujuan dan batasan ke dalam sistem koordinat untuk menentukan titik optimal (Mulyono, 2017). Sementara itu,

metode simpleks yang diperkenalkan oleh George B. Dantzig merupakan prosedur aljabar yang lebih kompleks, dirancang untuk menangani masalah dengan banyak variabel. Metode ini bekerja melalui iterasi yang sistematis dan efisien, menggunakan tabel simpleks untuk mengevaluasi dan memperbarui solusi hingga ditemukan nilai optimal dari fungsi tujuan (Edward, 1980). Dalam penerapannya, metode simpleks memerlukan konversi fungsi batasan menjadi bentuk baku dengan penambahan variabel slack, identifikasi kolom dan baris kunci, serta serangkaian operasi aritmetika untuk mencapai kondisi optimal, yaitu saat tidak ada lagi koefisien negatif pada baris fungsi tujuan (Subagyo et al., 1986).

Integer Linier Programming

Integer linier programming merupakan suatu model program linier yang khusus digunakan untuk menyelesaikan suatu masalah program linier dimana nilai variabel-variabel keputusan dalam menyelesaikan optimal harus dalam bentuk bilangan bulat (integer). Metode ini diawali dengan penyelesaian menggunakan metode simpleks. Pemecahan masalah optimal yang didapatkan dengan metode ini mungkin saja tidak dalam bentuk bilangan bulat. Maka dari itu, solusi tak bulat ini dioptimalkan dengan metode integer linier programming, salah satunya dengan metode branch and bound dan Cutting Plane.

Metode Branch and bound

Metode Branch and bound telah menjadi kode komputer standar untuk integer programming, dan penerapan-penerapan dalam praktik tampaknya menyarankan menyarankan bahwa metode ini lebih efisien dibanding pendekatan Gomory. Metode Branch and bound pertama kali diperkenalkan oleh Land and Doig, dan dikembangkan lebih lanjut oleh Little dan peneliti-peneliti lain. Teknik ini dapat diterapkan baik untuk masalah pure maupun mixed integer programming. Pada dasarnya metode ini adalah strategi “mencabangkan dan membatasi”. Metode ini merupakan metode umum untuk mencari solusi optimal dari berbagai permasalahan optimasi. Metode ini juga merupakan teknik solusi yang tidak terbatas hanya untuk permasalahan bilangan bulat saja. Tetapi juga merupakan pendekatan solusi yang dapat diterapkan untuk berbagai macam permasalahan yang berbeda.

Metode Branch and Bound merupakan salah satu pendekatan strategis dalam penyelesaian permasalahan Integer Linear Programming, yang bertumpu pada dua konsep utama, yaitu branching dan bounding. Branching adalah proses membagi permasalahan menjadi sub-masalah yang lebih kecil untuk mendekati solusi, sedangkan bounding bertujuan menghitung batas atas dan bawah dari solusi optimal (Sitorus, 1997). Langkah penyelesaiannya dimulai dengan menyelesaikan masalah utama melalui metode linier seperti grafik atau simpleks hingga diperoleh hasil optimal. Hasil ini kemudian diperiksa apakah

sudah memenuhi syarat berupa bilangan bulat positif; jika belum, maka dilakukan pencabangan menjadi dua sub-masalah dengan menyesuaikan kendala. Selanjutnya, dihitung nilai batas atas dan batas bawah dari masing-masing sub-masalah. Jika solusi integer yang diperoleh lebih baik atau sama dengan batas atas, maka solusi optimal telah ditemukan, namun bila tidak, maka proses iterasi dilanjutkan dengan memilih sub-masalah yang paling menjanjikan (Sitorus, 1997). Proses pencabangan akan berhenti ketika sub-masalah tidak memiliki daerah layak (infeasible), variabel keputusan sudah berbentuk bilangan bulat, atau ketika dalam kasus maksimisasi batas atas lebih kecil dari batas bawah, dan sebaliknya untuk minimisasi. Kondisi optimal tercapai saat tidak ada lagi sub-masalah untuk dicabangkan, di mana dalam maksimisasi solusi optimal diambil dari batas bawah terbaik, dan dalam minimisasi dari batas atas terbaik (Sitorus, 1997). Untuk mendukung proses ini, Howard J. Weiss mengembangkan software POM/QM for Windows pada tahun 1996 sebagai alat bantu bagi manajer dalam pengambilan keputusan produksi dan pemasaran, seperti menyusun anggaran bahan baku, menentukan kombinasi produksi optimal, dan efisiensi biaya pemesanan barang (Weiss, 1996). Software ini memfasilitasi pengguna untuk menyusun model linier melalui antarmuka yang intuitif, mulai dari memasukkan fungsi tujuan, kendala, hingga menampilkan hasil berupa grafik dan iterasi simpleks. Meski hanya berperan sebagai alat bantu hitung, pemahaman formulasi masalah tetap mutlak diperlukan agar hasil analisis dapat diinterpretasikan secara tepat (Weiss, 1996).

METODE PENELITIAN

Penelitian ini diawali dengan studi literatur mengenai Linear Programming dan Integer Linear Programming, khususnya pada metode Simpleks dan Branch and Bound, yang diperoleh dari berbagai referensi seperti buku, jurnal, dan artikel ilmiah. Studi kasus dilakukan di UD. Kreasi Lutvi, sebuah usaha yang memproduksi keripik singkong di Deli Serdang, Sumatera Utara. Permasalahan utama yang dihadapi perusahaan adalah kesulitan menentukan jumlah produksi optimal akibat keterbatasan bahan baku harian, yang berdampak pada tidak maksimalnya keuntungan. Oleh karena itu, penentuan jumlah produksi keripik singkong yang tepat dan dalam bilangan bulat menjadi fokus, dan metode Branch and Bound dipilih untuk menyelesaikan masalah ini.

Data primer diperoleh langsung melalui wawancara dengan pimpinan pabrik, mencakup informasi tentang jenis keripik, bahan baku, biaya, serta keuntungan harian. Data ini kemudian dianalisis dan dimodelkan dalam bentuk program linier, yang selanjutnya diselesaikan melalui metode Simpleks dan dilanjutkan dengan metode Branch and Bound. Hasil dari metode ini memberikan jumlah produksi optimal untuk tiap jenis keripik serta keuntungan maksimal yang dapat dicapai. Untuk mendukung akurasi dan efisiensi proses perhitungan, digunakan perangkat lunak Qm for Windows, yang sangat membantu dalam

menyusun dan menyelesaikan model Integer Linear Programming. Program ini memungkinkan input variabel, fungsi tujuan, dan kendala yang diperlukan, serta secara otomatis menerapkan metode Branch and Bound untuk mencari solusi terbaik. Hasil akhir mencakup keuntungan maksimal, jumlah optimal produksi, serta efisiensi pemanfaatan bahan baku, yang menjadi dasar pengambilan keputusan produksi yang lebih tepat sasaran.

PEMBAHASAN

Proses produksi keripik singkong di UD. Kreasi Lutvi dilakukan secara terstruktur dan sistematis untuk memastikan mutu produk yang tinggi. Dimulai dari penerimaan dan penyortiran singkong segar sebanyak 5 ton per hari, proses dilanjutkan dengan pengupasan, pencucian, pemotongan, perendaman dalam air garam, penggorengan pada suhu konstan, serta penirisan minyak. Setelah keripik kering, produk dibumbui sesuai varian rasa dan dikemas dalam dua ukuran, yaitu 250 gram dan 500 gram. Produk akhir disimpan di gudang sebelum didistribusikan. Keseluruhan proses dikendalikan melalui SOP ketat dan evaluasi harian guna menjamin standar kualitas. Untuk meningkatkan efisiensi, digunakan metode Integer Linear Programming (ILP) dengan pendekatan Branch and Bound dalam menentukan kombinasi produksi optimal berdasarkan kapasitas bahan baku, permintaan pasar, dan keuntungan.

UD. Kreasi Lutvi menawarkan tujuh varian rasa keripik singkong, yaitu Original, Balado, Jagung Manis, Pedas Manis, Barbeque, Rica-Rica, dan Garlic. Ragam rasa ini merupakan strategi diferensiasi guna memperluas pasar dan memenuhi selera konsumen lokal. Setiap varian memiliki formula bumbu khas untuk mempertahankan cita rasa dan kualitas. Bahan baku utama produksi meliputi singkong, minyak goreng, garam, MSG, dan bumbu perasa khusus, ditambah bumbu varian spesifik sesuai rasa. Komposisi bahan disesuaikan dengan ukuran kemasan, di mana versi 250 gram menggunakan setengah dari takaran versi 500 gram. Distribusi bahan baku dilakukan secara terpusat, dengan ketersediaan bulanan sebesar 26.250 kg singkong dan masing-masing 75 kg bumbu per rasa.

Dari segi biaya, varian seperti Rica-Rica dan Garlic membutuhkan biaya produksi lebih tinggi dibanding Original. Harga jual bervariasi, menghasilkan keuntungan antara Rp1.500 hingga Rp3.500 per kemasan, tergantung rasa dan ukuran. Produksi tertinggi berasal dari varian Original, sementara Garlic merupakan yang paling sedikit diproduksi. Total produksi bulanan mencapai 49.803 kemasan 500 gram dan 104.637 kemasan 250 gram. Untuk memaksimalkan keuntungan, formulasi model ILP digunakan dengan menetapkan variabel keputusan untuk masing-masing varian dan ukuran kemasan. Fungsi objektif model ini adalah memaksimalkan total keuntungan bulanan, dengan mempertimbangkan keterbatasan bahan baku dan kapasitas

produksi. Pendekatan ini mendukung pengambilan keputusan produksi yang lebih optimal dan efisien bagi UD. Kreasi Lutvi.

Optimasi Produksi dengan Integer linear programming (ILP)

Untuk memaksimalkan keuntungan produksi keripik singkong, UD. Kreasi Lutvi menggunakan pendekatan Integer Linear Programming (ILP). Model ini disusun untuk menentukan jumlah optimal produksi dari masing-masing varian rasa kemasan 500 gram, dengan mempertimbangkan keterbatasan bahan baku. Perangkat lunak QM for Windows digunakan untuk memformulasikan model simpleks, di mana variabel keputusan (X_1 - X_7) mewakili masing-masing varian rasa. Hasil penelitian menunjukkan struktur model ILP untuk optimasi produksi keripik singkong kemasan 500 gram, di mana fungsi objektif adalah memaksimalkan keuntungan total dari tujuh varian rasa (X_1 hingga X_7), masing-masing dengan kontribusi keuntungan per unit berkisar antara Rp2.000 hingga Rp3.500. Setiap baris dalam tabel menggambarkan kendala berdasarkan jumlah maksimal bahan baku yang tersedia per bulan, seperti singkong (26.250.000 gram), minyak goreng (11.250.000 gram), bumbu perasa khusus (5.000.000 gram), serta garam, MSG, dan bumbu spesifik lainnya.

Tabel tersebut menunjukkan model optimasi produksi keripik singkong kemasan 250 gram dengan menggunakan metode Integer Linear Programming (ILP) dalam perangkat lunak QM for Windows. Tujuannya adalah memaksimalkan keuntungan, dengan nilai keuntungan per unit berkisar antara Rp1.500 hingga Rp2.000 untuk masing-masing varian rasa (X_8 hingga X_{14}). Setiap baris dalam tabel merepresentasikan kendala ketersediaan bahan baku seperti singkong, minyak goreng, bumbu perasa, garam, MSG, dan bumbu khusus sesuai varian rasa. Seluruh varian membutuhkan bahan baku utama dalam jumlah yang sama, tetapi hanya varian tertentu yang membutuhkan bumbu khusus seperti Balado (X_9), Jagung Manis (X_{10}), Pedas Manis (X_{11}), dan seterusnya.

Hasil Ranging

Untuk menganalisis sensitivitas model optimasi, dilakukan ranging analysis yang bertujuan untuk melihat seberapa besar perubahan terhadap nilai fungsi tujuan dan batasan (constraint) dapat diterima sebelum solusi optimal berubah. Analisis ini menghasilkan informasi penting seperti nilai variabel optimal, reduced cost, dual value, serta rentang batas bawah dan atas dari koefisien dalam fungsi tujuan dan batasan.

Tabel 1
Hasil Ranging Keripik Singkong 500 Gram

Variable	Value	Reduced Cost	Original Val	Lower Bound	Upper Bound
X_1	15000	0	3000	2500	3750
X_2	7500	0	3500	2500	Infinity

X3	7500	0	3000	2500	Infinity
X4	7500	0	3000	2500	Infinity
X5	7500	0	3000	2500	Infinity
X6	0	500	2000	-	2500
X7	7500	0	2500	2000	3000
	Dual Value	Slack/Surplus	Original Val	Lower Bound	Upper Bound
Singkong	3	0	26250000	25000000	Infinity
Minyak Goreng	0	7312500	11250000	3937500	Infinity
Bumbu Perasa khusus	0	4370000	5000000	630000	Infinity
Garam	1000	0	60000	60000	63750
MSG (Monosodium Glutamate)	0	22500	75000	52500	Infinity
Bumbu Balado (g)	100	0	75000	75000	150000
Bumbu Jagung Manis (g)	50	0	75000	75000	150000
Bumbu Pedas Manis (g)	50	0	75000	75000	150000
Bumbu Barbeque (g)	50	0	75000	75000	150000
Bumbu Rica-rica (g)	0	75000	75000	0	Infinity
Bumbu Garlic (g)	0	0	75000	75000	Infinity

Sumber: QM For Windows 5

Berdasarkan hasil ranging untuk keripik 500 gram, variabel produksi X1-X5 dan X7 memiliki nilai optimal positif (diproduksi), sedangkan X6 (Rica-rica) bernilai nol, yang menunjukkan tidak diproduksi karena *reduced cost*-nya sebesar 500, artinya perlu tambahan keuntungan minimal Rp500 per unit agar layak diproduksi. Batas perubahan keuntungan masih cukup fleksibel, seperti pada X1 yang dapat turun hingga 2500 dan naik hingga 3750 tanpa mengubah solusi optimal. Dari sisi kendala, bahan baku singkong memiliki *dual value* sebesar 3, artinya setiap tambahan 1 unit gram singkong akan meningkatkan keuntungan sebesar Rp3. Sedangkan minyak goreng, MSG, dan bumbu perasa menunjukkan adanya surplus (belum digunakan maksimal), sehingga tidak berpengaruh langsung terhadap fungsi tujuan. Sementara itu, bumbu Balado, Jagung Manis, Pedas Manis, dan Barbeque memiliki *dual value* positif, menandakan bahwa jika stok ditambah, total keuntungan akan meningkat.

Tabel 2
Hasil Ranging Keripik Singkong 250 Gram

Variable	Value	Reduced Cost	Original Val	Lower Bound	Upper Bound
X8	45000	0	1500	1500	1750
X9	15000	0	1750	1500	Infinity
X10	15000	0	2000	1500	Infinity
X11	15000	0	1750	1500	Infinity
X12	15000	0	1750	1500	Infinity

X13	0	0	1500	#NAME?	1500
X14	0	0	1500	#NAME?	1500
	Dual Value	Slack/Surplus	Original Val	Lower Bound	Upper Bound
Singkong	6	0	26250000	15000000	Infinity
Minyak Goreng	0	7312500	11250000	3937500	Infinity
Bumbu Perasa khusus	0	4370000	5000000	630000	Infinity
Garam	0	7500	60000	52500	Infinity
MSG (Monosodium Glutamate)	0	22500	75000	52500	Infinity
Bumbu Balado (g)	50	0	75000	0	300000
Bumbu Jagung Manis (g)	100	0	75000	0	300000
Bumbu Pedas Manis (g)	50	0	75000	0	300000
Bumbu Barbeque (g)	50	0	75000	0	300000
Bumbu Rica-rica (g)	0	75000	75000	0	Infinity
Bumbu Garlic (g)	0	75000	75000	0	Infinity

Sumber: QM For Windows 5

Pada kemasan 250 gram, variabel X8-X12 diproduksi optimal, sementara X13 dan X14 (Rica-Rica dan Garlic) tidak diproduksi, meskipun memiliki *reduced cost* nol, yang menandakan bahwa saat ini mereka tidak menguntungkan dalam kombinasi optimal. Rentang perubahan koefisien keuntungan untuk varian X8-X12 cukup luas dan fleksibel. Dari sisi kendala, bahan baku singkong memiliki *dual value* sebesar 6, lebih tinggi dari kemasan 500 gram, yang berarti setiap tambahan satuan singkong akan memberikan kenaikan keuntungan Rp6. Kendala lainnya seperti minyak goreng, bumbu perasa, MSG, dan garam masih memiliki surplus. Sementara bumbu Balado hingga Barbeque memiliki *dual value* positif, menunjukkan potensi keuntungan tambahan jika persediaannya ditambah, sedangkan bumbu Rica-Rica dan Garlic masih tidak termanfaatkan optimal.

Solution List Qm for windows

Solusi optimasi untuk produksi keripik singkong kemasan 500 gram ditampilkan dalam Tabel 3. Tabel ini menunjukkan status masing-masing variabel keputusan, jumlah unit produksi optimal, serta pemanfaatan bahan baku melalui nilai *slack*.

Tabel 3
Solution List Qm for windows Keripik Singkong 500 Gram

Variable	Status	Value
X1	Basic	15000
X2	Basic	7500
X3	Basic	7500
X4	Basic	7500

X5	Basic	7500
X6	NONBasic	0
X7	Basic	7500
slack 1	NONBasic	0
slack 2	Basic	7312500
slack 3	Basic	4370000
slack 4	NONBasic	0
slack 5	Basic	22500
slack 6	NONBasic	0
slack 7	NONBasic	0
slack 8	NONBasic	0
slack 9	NONBasic	0
slack 10	Basic	75000
slack 11	Basic	0
Optimal Value (Z)		157500000

Sumber: QM For Windows 5

Berdasarkan Tabel 3, solusi optimal menunjukkan bahwa lima varian utama Original (X1), Balado (X2), Jagung Manis (X3), Pedas Manis (X4), Barbeque (X5), dan Garlic (X7) diproduksi secara aktif (Basic), dengan jumlah produksi masing-masing antara 7.500 hingga 15.000 unit. Varian Rica-Rica (X6) tidak diproduksi (NONBasic) karena tidak memberikan kontribusi optimal terhadap keuntungan. Dari sisi *slack*, terlihat bahwa beberapa bahan baku seperti minyak goreng, bumbu perasa, MSG, dan bumbu Garlic masih tersedia ($slack > 0$), sedangkan singkong dan garam digunakan secara penuh ($slack = 0$), menandakan bahwa keduanya menjadi kendala aktif (binding constraint). Nilai keuntungan maksimal atau Z sebesar Rp157.500.000 menunjukkan hasil optimal dari kombinasi produksi yang dilakukan. Tabel 4 menyajikan hasil solusi optimasi untuk produksi keripik singkong kemasan 250 gram.

Tabel 4
Solution List Qm for windows Keripik Singkong 250 Gram

Variable	Status	Value
X8	Basic	45000
X9	Basic	15000
X10	Basic	15000
X11	Basic	15000
X12	Basic	15000
X13	NONBasic	0
X14	NONBasic	0
slack 1	NONBasic	0
slack 2	Basic	7312500
slack 3	Basic	4370000
slack 4	Basic	7500

slack 5	Basic	22500
slack 6	NONBasic	0
slack 7	NONBasic	0
slack 8	NONBasic	0
slack 9	NONBasic	0
slack 10	Basic	75000
slack 11	Basic	75000
Optimal Value (Z)		176250000

Sumber: QM For Windows 5

Varian yang diproduksi secara optimal dalam kemasan 250 gram adalah Original (X8), Balado (X9), Jagung Manis (X10), Pedas Manis (X11), dan Barbeque (X12), masing-masing dengan jumlah 15.000 hingga 45.000 unit. Sementara varian Rica-Rica (X13) dan Garlic (X14) tidak diproduksi (NONBasic), menandakan tidak efisien untuk dimasukkan dalam kombinasi produksi saat ini. Beberapa bahan baku seperti garam dan MSG masih tersisa ($\text{slack} > 0$), sementara singkong habis terpakai ($\text{slack} = 0$), menjadikannya batasan utama dalam model. Nilai optimal fungsi tujuan (Z) sebesar Rp176.250.000 menunjukkan bahwa kombinasi produksi ini lebih menguntungkan dibanding kemasan 500 gram, jika dilihat dari sisi total keuntungan.

Penyelesaian Menggunakan Metode *Branch and bound*

Metode *Branch and Bound* digunakan untuk menyelesaikan masalah integer programming, di mana semua variabel keputusan harus bernilai bilangan bulat. Metode ini memastikan solusi yang diperoleh benar-benar feasible dan optimal secara integer, bukan hanya dalam bentuk pecahan seperti pada solusi metode simpleks biasa. Berikut ini hasil penyelesaian integer programming untuk produksi keripik singkong kemasan 500 gram dan 250 gram. Tabel 5 menunjukkan hasil penyelesaian optimasi produksi keripik singkong kemasan 500 gram menggunakan metode Branch and Bound. Iterasi dilakukan pada level 0 dan langsung menghasilkan solusi integer optimal.

Tabel 5
Integer Programming Keripik Singkong 500 Gram

Iteration		1
Level		0
Added constraint		
Solution type	Optimal	INTEGER
Solution Value	157500000	157500000
X1	15000	15000
X2	7500	7500
X3	7500	7500
X4	7500	7500

X5	7500	7500
X6	0	0
X7	7500	7500

Sumber : QM For Windows 5

Dari hasil metode Branch and Bound, diperoleh solusi integer optimal dengan nilai keuntungan maksimum sebesar Rp157.500.000. Semua variabel keputusan (X1-X7) memiliki nilai bulat sesuai dengan solusi sebelumnya. Varian yang diproduksi adalah Original, Balado, Jagung Manis, Pedas Manis, Barbeque, dan Garlic masing-masing sebanyak 7.500 hingga 15.000 unit. Varian Rica-Rica (X6) tetap tidak diproduksi. Ini menunjukkan bahwa solusi yang diperoleh sebelumnya dari metode simpleks memang sudah feasible dalam bentuk integer tanpa perlu dilakukan iterasi tambahan. Tabel 6 menunjukkan hasil penyelesaian optimasi produksi keripik singkong kemasan 250 gram menggunakan metode Branch and Bound, di mana semua variabel solusi berada pada level integer dan menghasilkan solusi optimal.

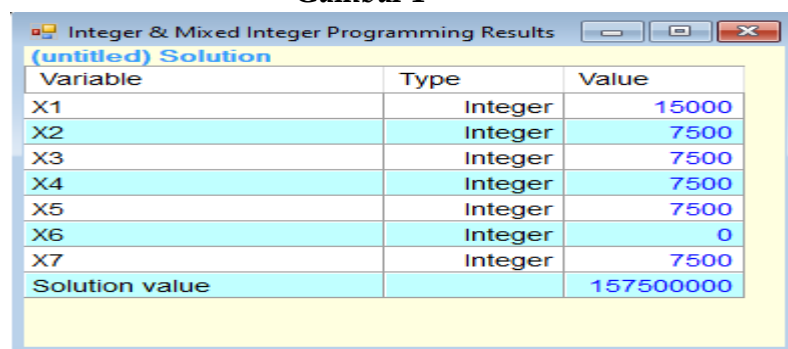
Tabel 6
Integer Programming Keripik Singkong 250 Gram

Iteration		1
Level		0
Added constraint		
Solution type	Optimal	INTEGER
Solution Value	176250000	176250000
X1	45000	45000
X2	15000	15000
X3	15000	15000
X4	15000	15000
X5	15000	15000
X6	0	0
X7	0	0

Sumber: QM For Windows 5

Hasil penyelesaian integer programming pada kemasan 250 gram menunjukkan nilai keuntungan maksimum sebesar Rp176.250.000. Varian yang diproduksi adalah Original (X1), Balado (X2), Jagung Manis (X3), Pedas Manis (X4), dan Barbeque (X5), masing-masing sebanyak 15.000 hingga 45.000 unit. Sementara itu, varian Rica-Rica (X6) dan Garlic (X7) tidak diproduksi. Seluruh nilai solusi sudah dalam bentuk bilangan bulat dan optimal, sehingga tidak diperlukan iterasi lanjutan. Hal ini menunjukkan stabilitas solusi dan efisiensi model dalam menghasilkan hasil integer terbaik pada iterasi pertama. Dengan menggunakan software QM, diperoleh hasil penyelesaian akhir sebagai berikut:

Gambar 1

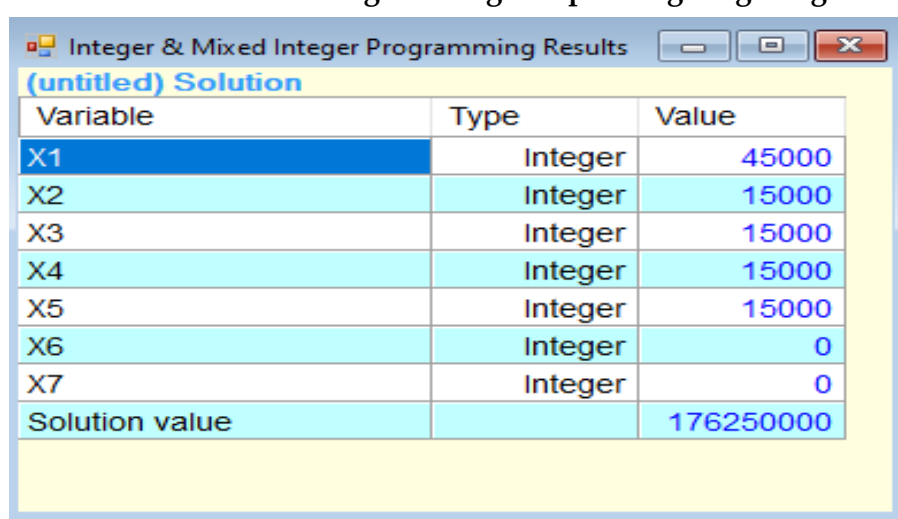


Variable	Type	Value
X1	Integer	15000
X2	Integer	7500
X3	Integer	7500
X4	Integer	7500
X5	Integer	7500
X6	Integer	0
X7	Integer	7500
Solution value		157500000

Sumber: Data Diolah Peneliti, 2025

Gambar 2

Hasil Solusi Linear Programming Keripik Singkong 500 gram



Variable	Type	Value
X1	Integer	45000
X2	Integer	15000
X3	Integer	15000
X4	Integer	15000
X5	Integer	15000
X6	Integer	0
X7	Integer	0
Solution value		176250000

Sumber: Data Diolah Peneliti, 2025

Hasil table menyajikan perbandingan antara jumlah produksi keripik singkong aktual yang dilakukan oleh UD. Kreasi Lutvi dan hasil produksi optimal yang diperoleh melalui penerapan metode *Branch and Bound*. Perbandingan ini bertujuan untuk menilai efektivitas metode optimasi dalam meningkatkan efisiensi produksi dan potensi keuntungan, baik untuk kemasan 500 gram maupun 250 gram.

Tabel 7

Hasil Perbandingan Produksi Perusahaan sebelum dan setelah Metode Branch and bound

No	Rasa Keripik Singkong	Produksi Perusahaan		Metode <i>Branch and bound</i>	
		Produksi Kemasan 500 gram (perbulan)	Produksi Kemasan 250 gram (perbulan)	Produksi Kemasan 500 gram (perbulan)	Produksi Kemasan 250 gram (perbulan)
1	Original	15742	31384	15000	45000
2	Balado	6050	12832	7500	15000
3	Jagung Manis	7850	12430	7500	15000

4	Pedas Manis	11217	13200	7500	15000
5	Barbeque	6034	20221	7500	15000
6	Rica-Rica	2056	5402	0	0
7	Garlic	854	9168	7500	0
	Total	34061	73253	37500	60000

Sumber: Data Diolah Peneliti, 2025

Berdasarkan hasil perbandingan, terlihat bahwa metode Branch and Bound menghasilkan pola produksi yang lebih terfokus dan efisien. Produksi untuk varian Original meningkat signifikan pada kemasan 250 gram, dari 31.384 menjadi 45.000 unit, sementara kemasan 500 gram sedikit diturunkan dari 15.742 menjadi 15.000 unit, menunjukkan penyesuaian untuk memaksimalkan keuntungan. Sebagian besar varian lain seperti Balado, Jagung Manis, Pedas Manis, dan Barbeque mengalami peningkatan jumlah produksi, khususnya pada kemasan 250 gram. Produksi bulanan setelah optimasi menjadi lebih terdistribusi optimal, dengan total produksi 500 gram naik dari 34.061 menjadi 37.500 unit, dan 250 gram turun dari 73.253 menjadi 60.000 unit, namun dengan peningkatan efisiensi dan profitabilitas. Ini menunjukkan bahwa metode Branch and Bound berhasil memberikan strategi produksi yang lebih optimal dan menguntungkan.

Tabel 8
Hasil Perbandingan Produksi Perusahaan sebelum dan setelah
Metode Branch and bound

No	Rasa Keripik Singkong	Produksi Perusahaan		Metode Branch and bound	
		Produksi Kemasan 500 gram (perbulan)	Produksi Kemasan 250 gram (perbulan)	Produksi Kemasan 500 gram (perbulan)	Produksi Kemasan 250 gram (perbulan)
1	Original	Rp47.226.000	Rp47.076.000	Rp45.000.000	Rp67.500.000
2	Balado	Rp21.175.000	Rp22.456.000	Rp26.250.000	Rp26.250.000
3	Jagung Manis	Rp23.550.000	Rp24.860.000	Rp22.500.000	Rp30.000.000
4	Pedas Manis	Rp33.651.000	Rp23.100.000	Rp22.500.000	Rp26.250.000
5	Barbeque	Rp18.102.000	Rp35.386.750	Rp22.500.000	Rp26.250.000
6	Rica-Rica	Rp4.112.000	Rp8.103.000	Rp0	Rp0
7	Garlic	Rp2.135.000	Rp13.752.000	Rp18.750.000	Rp0
	Total	Rp149.951.000	Rp174.733.750	Rp157.500.000	Rp176.250.000
		Rp324.684.750		Rp333.750.000	

Sumber: Data Diolah Peneliti, 2025

Tabel tersebut menunjukkan perbandingan nilai keuntungan produksi keripik singkong berdasarkan data aktual perusahaan dan hasil optimasi menggunakan metode Branch and Bound. Secara keseluruhan, penerapan metode optimasi menghasilkan peningkatan total keuntungan bulanan dari Rp324.684.750 menjadi Rp333.750.000, menunjukkan efisiensi yang lebih baik dalam distribusi produksi antar varian dan kemasan. Beberapa perubahan signifikan terlihat pada varian Original kemasan 250 gram, yang keuntungannya meningkat dari Rp47.076.000 menjadi Rp67.500.000, menandakan bahwa varian ini menjadi fokus utama dalam strategi produksi optimal. Demikian pula pada varian Balado, terjadi peningkatan keuntungan baik di kemasan 500 gram maupun 250 gram. Sebaliknya, varian Rica-Rica dan Garlic yang sebelumnya tetap diproduksi meskipun dengan keuntungan rendah, dalam hasil optimasi justru dihilangkan (Rica-Rica) atau dibatasi hanya pada salah satu kemasan (Garlic hanya di 500 gram), karena kontribusinya terhadap total keuntungan tidak optimal. Metode *Branch and Bound* berhasil merancang kombinasi produksi yang lebih menguntungkan dan efisien, meminimalkan pemborosan sumber daya pada varian yang kurang produktif, dan memaksimalkan varian yang memiliki potensi profit tinggi.

KESIMPULAN

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan komposisi produksi optimal dari tujuh varian keripik singkong guna memaksimalkan keuntungan perusahaan dengan menggunakan pendekatan *Linear programming*. Berdasarkan hasil perbandingan antara produksi aktual dan hasil optimasi menggunakan metode Branch and Bound, dapat disimpulkan bahwa pendekatan ini secara efektif mampu meningkatkan efisiensi distribusi produksi dan total keuntungan bulanan. Meskipun terjadi penurunan pada beberapa jumlah produksi, terutama kemasan 250 gram, namun strategi ini berhasil memaksimalkan keuntungan melalui penyesuaian alokasi varian yang lebih menguntungkan seperti Original dan Balado, serta mengeliminasi varian dengan kontribusi rendah seperti Rica-Rica dan Garlic. Dengan total keuntungan meningkat dari Rp324.684.750 menjadi Rp333.750.000, penerapan metode Branch and Bound terbukti memberikan dampak positif dalam optimalisasi keputusan produksi pada UD. Kreasi Lutvi. UD. Kreasi Lutvi disarankan untuk menerapkan hasil dari model optimasi Integer Linear Programming secara berkala agar strategi produksi tetap relevan dengan ketersediaan bahan baku dan permintaan pasar yang dinamis.

DAFTAR PUSTAKA

- Aisyah, S. N., Novianingsih, K., & Puspita, E. (2017). Penyelesaian Masalah Penugasan Yang Diperumum Dengan Menggunakan Algoritma Branch-and-Bound Yang Direvisi. *Jurnal EurekaMatika*, 5(2), 29-41.
- Aminudin. 2005. *Prinsip-orinsip Riset Operas*. Jakarta : Erlangga
- Chairunisah, Sihotang, D. R. 2021. *Optimasi Jumlah Produksi Makanan Olahan*

- dengan Menggunakan Metode Branch and bound. *KARISMATIKA*, 7(1), 52- 63.
- Edwards III, G.C. 1980. *Implementing Public Policy*. Washington: Congressional Quarterly Press.
- Hasan, S., & Nugroho, Y. A. (2020). Optimasi Keuntungan Produk Keripik Singkong Menggunakan Metode Branch And Bound Dan Algoritma Genetika Pada Gnp Snack. *Spektrum Industri*, 18(1), 57.
- Marulizar, T., Sinulingga, U., & Nababan, E. (2018, December). Optimisasi Program Linear Integer Murni Dengan Metode Branch and bound. In *Talenta Conference Series: Science and Technology (ST)* (Vol. 1, No. 2, pp. 175-181).
- Meliana, M., Noviani, E., & Perdana, H. Penerapan Algoritma Branch And Bound Dalam Menentukan Optimasi Jumlah Produksi Roti (Studi Kasus: CV Sedap Sari Bakery). *Bimaster: Buletin Ilmiah Matematika, Statistika dan Terapannya*, 8(4).
- Mulyono S. 2017. *Riset Operasi*. Edisi Kedua. Jakarta : Mitra Wacana Media
- Siswanto. 2006. *Operations research*. Jilid I. Jakarta : Erlangga
- Mulyono, S. (2016). *Riset Operasi* (Edisi 2).
- Mulyono, Sri., 2017, *Riset Operasi Edisi 2*. Jakarta: Mitra Wacana Media.
- 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).
- Pangestu, P. D. (2017). *Optimasi Produksi Dengan Menggunakan Metode Fuzzy Integer Linear Programming (Branch And Bound)*(Studi Kasus Pabrik Roti Bangkit) (Doctoral Dissertation, Uin Sunan Kalijaga Yogyakarta).
- Prastyawan, A., & Lestari, Y. (2020). *Pengambilan Keputusan*. Surabaya: UNESA UNIVERSITY PRESS.
- Rahmansyah, J. (2024). *Upaya Diplomasi Ekonomi Indonesia dalam meningkatkan Kontribusi Ekspor Produk UMKM Pada Masa Pemerintahan Joko Widodo 2015-2022* (Doctoral dissertation, Universitas Islam Indonesia).
- 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).
- Siregar, A. T. A. (2023). *mplementasi Integer linear programming dengan Metode Branch and bound dalam Menentukan Optimasi Jumlah Produksi (Studi Kasus: Pabrik Roti Wati Bakery)"* (Doctoral dissertation, Universitas Sumatera Utara).
- Sitorus, P., 1997. *Program Linear*, Universitas Trisakti, Jakarta.
- Subagyo P, Asri M, dan Handoko H. 1986. *Dasar-Dasar Operations research*. Cetakan 2. Yogyakarta: BPFE

- Subagyo, P. 1986. Forecasting Konsep dan Aplikasi. BPFE UGM. Yogyakarta.
- Supatimah, S. S., Farida, F., & Andriani, S. (2019). Optimasi keuntungan dengan metode Branch and bound. Aksioma: Jurnal Matematika dan Pendidikan Matematika UPGRIS Semarang, 10(1), 13-23.
- Suyitno H. 2014. Program linier. Semarang : Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang.
- Suyitno, H.2010. Program Linier. Semarang: Jurusan Matematika FMIPA UNNES Semarang.
- Syafitri, D. N., Kamid, K., & Rarasati, N. (2021). Pengoptimalan Jumlah Produksi Roti Menggunakan Metode Branch and bound. Imajiner: Jurnal Matematika dan Pendidikan Matematika, 3(2), 183-194.
- Wijaya A. 2012. Pengantar Riset Operasi. Edisi kedua. Jakarta: Mitra Wacana Media
- Zulfikarijah F.2003. Operation research. Malang: Bayumedia Publishing.
- Wijaya, A. (2013). Pengantar Riset Operasi (Edisi 3). Jakarta: Penerbit Mitra Wacana Media.