

PRAKTIKUM OPTIMASI INDUSTRI
LAPORAN TUGAS BESAR
INTEGER PROGRAMMING

**OPTIMALISASI KEUNTUNGAN PRODUK ES TEH KEMASAN
SEDANG DAN BESAR DENGAN METODE *BRANCH AND
BOUND* PADA UMKM ES TEH NUSANTARA MENGGUNAKAN
SOFTWARE EXCEL DAN LINGO**



Disusun Oleh:

Rhenda Desta Permana (23032010079)

Yoga Ramadhani Anjati (23032010094)

Kelompok 79

Sesi Rabu

PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK & SAINS
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN"
JAWA TIMUR

2025

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT, atas rahmat dan karunia-Nya, sehingga Laporan Tugas Besar Optimasi Industri dapat disusun. Dengan terselesaikannya laporan ini diharapkan dapat menambah ilmu dan wawasan pembaca khususnya mahasiswa terutama praktikan Optimasi Industri.

Adapun tujuan dari pembuatan laporan resmi ini adalah untuk memenuhi tugas Laboratorium Optimasi Industri dengan Kepala Laboratorium Nur Rahmawati, ST., MT. Selain itu juga diharapkan bisa memberikan wawasan kepada rekan-rekan mahasiswa khususnya mahasiswa Teknik Industri UPN “Veteran” Jawa Timur.

Dalam kesempatan ini penyusun mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu memberi bimbingan, ilmu, dorongan, serta saran-saran kepada penyusun. Penyusun menyadari sepenuhnya bahwa isi maupun penyajian laporan tugas besar ini jauh sepenuhnya dari sempurna. Oleh karena itu, mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi kesempurnaan laporan tugas besar ini.

Surabaya, 04 Juni 2025

Penyusun

DAFTAR ISI

COVER

KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	iv
DAFTAR GAMBAR	v
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan.....	3
1.4 Manfaat.....	3
1.5 Batasan Masalah	4
1.6 Asumsi Asumsi	4
1.7 Sistematika Penulisan	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 <i>Linear Programming</i>	6
2.2 <i>Integer Programming</i>	8
2.3 Klasifikasi Permasalahan <i>Integer Programming</i>	9
2.4 Metode <i>Branch and Bound</i>	11
2.5 Metode Grafik.....	13
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	16
3.1 Waktu dan Tempat	16
3.2 Tahapn Pengumpulan Data	16
3.3 Flowchart.....	17
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	21
4.1 Hasil dan Pembahasan	21
4.2 Pembahasan	28
BAB V PENUTUP	30
5.1 Kesimpulan.....	30
5.2 Saran.....	31
DAFTAR PUSTAKA	32
LAMPIRAN	33

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Data Pengamatan.....	16
Tabel 4.1 Tabel Pengolahan Data.....	21

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Flowchart.....	17
Gambar 4.2 Input Data pada Software Excel.....	21
Gambar 4.3 Input Data Solver Parameter pada Solver Excel.....	22
Gambar 4.4 Solver Result.....	22
Gambar 4.5 Input Data Software Lingo.....	23
Gambar 4.6 Solver Status Lingo.....	23
Gambar 4.7 Output Excel Solver.....	23
Gambar 4.8 Output Lingo.....	24

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Integer Programming adalah varian dari program linear dengan variabel *integer*. *Integer Programming* berguna untuk memodelkan masalah dengan variabel yang harus berupa bilangan bulat, seperti jumlah orang yang tidak bisa berupa pecahan (Junianti & John, 2022). Dalam *Integer Programming* terdapat beberapa metode penyelesaian, salah satunya adalah metode *Branch and Bound*. Metode *Branch and Bound* adalah teknik penting dalam *Integer Programming* yang bertujuan menemukan solusi optimal. Metode ini sangat efektif karena menggabungkan pencarian menyeluruh dengan pembatasan, mempercepat proses pencarian solusi optimal. Metode *Branch and Bound* juga berguna dalam memecahkan masalah optimasi yang kompleks, karena memungkinkan kita untuk mengeksplorasi berbagai kemungkinan solusi secara sistematis (Khilaliyah Azzahrha dkk., 2021).

Es Teh Nusantara merupakan sebuah Usaha Mikro, Kecil, dan Menengah (UMKM) yang bergerak di industri minuman, khususnya dalam produksi es teh. Dengan cita rasa khas yang disukai berbagai kalangan, perusahaan ini berupaya memperluas pasar serta meningkatkan daya saingnya di tengah industri minuman yang semakin kompetitif. Untuk mencapai tujuan tersebut, Es Teh Nusantara menerapkan berbagai strategi bisnis, termasuk diversifikasi produk. Salah satu inovasi yang dilakukan adalah memperkenalkan varian kemasan sedang dan besar dengan ukuran yang lebih menarik, sehingga dapat menjangkau segmen konsumen yang lebih luas. Dengan terus beradaptasi terhadap tren pasar dan kebutuhan pelanggan, UMKM ini berharap dapat meningkatkan pendapatan serta memperkuat posisinya dalam industri minuman.

Meskipun telah melakukan berbagai inovasi dalam produk dan pemasaran, Es Teh Nusantara masih menghadapi tantangan dalam mengoptimalkan efisiensi operasional, khususnya dalam proses produksi. Efisiensi operasional sangat krusial untuk menentukan jumlah produk yang ideal untuk diproduksi dalam periode tertentu agar dapat mencapai laba maksimal tanpa mengalami pemborosan sumber

daya. Oleh karena itu, diperlukan penelitian yang mendalam mengenai penerapan metode optimasi guna meningkatkan efisiensi operasional perusahaan. Salah satu pendekatan yang dapat digunakan adalah *Integer Programming* dengan metode *Branch and Bound*, yang memungkinkan perusahaan menentukan jumlah produksi yang optimal berdasarkan batasan waktu dan kapasitas produksi yang tersedia. Dengan bantuan perangkat lunak seperti Excel dengan fitur Solver serta LINGO, proses optimasi dapat dilakukan dengan lebih akurat dan efisien. Implementasi metode ini diharapkan dapat membantu Es Teh Nusantara dalam meningkatkan keuntungan serta mengoptimalkan penggunaan sumber daya produksi secara lebih efektif.

Penggunaan *Integer Programming* dengan metode *Branch and Bound* dalam penelitian efisiensi operasional dapat dioptimalkan melalui perangkat lunak Excel dengan fitur Solver serta LINGO. Excel Solver memberikan kemudahan dalam pemodelan kendala dan tujuan optimasi, serta menyajikan solusi optimal melalui antarmuka intuitif dan visualisasi grafis. Sementara itu, LINGO memiliki kapabilitas dalam menangani permasalahan optimasi kompleks dengan efisiensi tinggi, memungkinkan eksplorasi solusi yang lebih mendalam. Integrasi antara Excel Solver dan LINGO berkontribusi pada pengurangan waktu komputasi serta sumber daya yang diperlukan, sehingga meningkatkan akurasi dan keandalan hasil penelitian. Dengan keunggulan yang saling melengkapi, kedua perangkat lunak ini menjadi alat yang efektif bagi peneliti dan praktisi dalam mencapai tujuan optimasi. Kombinasi keduanya mempercepat proses perhitungan dan mendukung peningkatan efisiensi operasional secara menyeluruh.

Dengan mempertimbangkan tantangan yang dihadapi dalam optimalisasi efisiensi operasional, penelitian ini bertujuan untuk menentukan strategi penjualan yang paling optimal bagi UMKM Es Teh Nusantara berdasarkan *output Integer Programming* dengan metode *Branch and Bound*. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk menganalisis perbandingan hasil optimasi yang diperoleh dari dua perangkat lunak, yaitu Excel dengan fitur Solver dan LINGO. Terakhir, penelitian ini berupaya mengevaluasi tingkat efektivitas penggunaan kedua perangkat lunak tersebut, sehingga dapat memberikan rekomendasi terbaik dalam pemilihan alat optimasi yang paling sesuai dengan kebutuhan operasional perusahaan.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah laporan tugas besar praktikum optimasi industri sebagai berikut:

1. Bagaimana cara menentukan strategi penjualan UMKM Es Teh Nusantara untuk memperoleh keuntungan maksimum berdasarkan *output integer programming* metode *branch and bound*?
2. Bagaimana perbandingan *output* metode *branch and bound* antara *software* Excel dan Lingo serta perhitungan manual?
3. Bagaimana tingkat efektivitas penggunaan *software* Excel dan Lingo dalam menyelesaikan permasalahan optimasi keuntungan dengan metode *Branch and Bound*?

1.3 Tujuan

Adapun tujuan laporan tugas besar praktikum optimasi industri sebagai berikut:

1. Untuk menentukan strategi optimum penjualan UMKM Es Teh Nusantara berdasarkan *output integer programming* metode *branch and bound*.
2. Untuk mengetahui perbandingan *output* metode *branch and bound* antara *software* excel dan Lingo.
3. Untuk mengetahui tingkat efektivitas penggunaan *software* Excel dan Lingo dalam menyelesaikan permasalahan optimasi keuntungan dengan metode *Branch and Bound*.

1.4 Manfaat

Adapun manfaat laporan tugas besar praktikum optimasi industri sebagai berikut:

1. Menambah wawasan dan literatur dalam bidang riset operasi, khususnya penerapan metode *Branch and Bound* dalam penyelesaian masalah *integer programming* pada konteks UMKM.
2. Dapat mengetahui efektivitas penggunaan *integer programming* metode *branch and bound* untuk menentukan strategi optimum penjualan UMKM Es Teh Nusantara.

3. Dapat mengetahui fungsi dan kinerja *software* excel dan lingo dalam menyelesaikan persoalan *integer programming* metode *branch and bound*.

1.5 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah laporan tugas besar praktikum optimasi industri sebagai berikut:

1. Model optimasi yang digunakan dalam penelitian ini dibatasi pada *integer programming* dengan metode *Branch and Bound*, tanpa membahas metode optimasi lainnya.
2. Perbandingan hasil hanya dilakukan dengan menggunakan dua *software*, yaitu Microsoft Excel Solver dan Lingo.
3. Data yang digunakan dalam model bersifat hipotetik atau historis yang diperoleh dari pihak UMKM Es Teh Nusantara.

1.6 Asumsi-Asumsi

Adapun asumsi-asumsi laporan tugas besar praktikum optimasi industri sebagai berikut:

1. Model *integer programming* yang dibuat telah merepresentasikan kondisi sebenarnya dari operasional UMKM Es Teh Nusantara dengan cukup baik.
2. Penggunaan *software* Excel dan Lingo dianggap dilakukan dengan pengaturan parameter *solver* yang benar dan sesuai dengan kebutuhan model *integer programming*.
3. Kebutuhan bahan per unit pada produk UMKM Es Teh Nusantara dianggap diketahui secara pasti dan tidak berubah selama proses optimasi.

1.7 Sistematika Penulisan

Adapun sistematika penulisan laporan tugas besar praktikum optimasi industri sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisi latar belakang masalah yang menjadi dasar penelitian, tujuan penelitian, rumusan masalah, serta batasan penelitian. Pendahuluan juga biasanya mencantumkan manfaat penelitian dan

sistematika penulisan untuk memberikan gambaran keseluruhan mengenai isi laporan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi kajian teoritis yang relevan dengan penelitian. Tinjauan pustaka mencakup referensi dari penelitian sebelumnya, konsep-konsep utama, dan teori yang mendukung analisis dalam penelitian. Tujuannya adalah untuk memberikan dasar ilmiah bagi penelitian yang dilakukan.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menjelaskan metode yang digunakan dalam penelitian, seperti pendekatan penelitian, teknik pengumpulan data, populasi dan sampel, serta metode analisis data. Metodologi bertujuan untuk menjelaskan bagaimana penelitian dilakukan secara sistematis agar hasilnya valid dan dapat diandalkan.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bagian ini memuat hasil penelitian serta analisis terhadap data yang diperoleh. Pembahasan dilakukan dengan menghubungkan hasil yang ditemukan dengan teori yang telah dikaji dalam tinjauan pustaka.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini menyajikan ringkasan dari temuan penelitian serta jawaban atas rumusan masalah yang diajukan di pendahuluan. Kesimpulan harus mencerminkan hasil yang diperoleh secara singkat dan jelas. Selain itu, kesimpulan dapat mencantumkan rekomendasi untuk penelitian lanjutan atau saran praktis berdasarkan hasil penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 *Linear Programming*

Pemrograman linier adalah teknik matematis yang digunakan untuk menentukan alokasi terbaik dari sumber daya terbatas guna mencapai tujuan optimal dalam suatu sistem atau organisasi. Metode ini merupakan salah satu teknik optimasi yang paling efektif, karena mampu membantu perusahaan dalam mengalokasikan berbagai faktor produksi secara efisien, seperti mesin, tenaga kerja, bahan baku, modal, dan teknologi yang tersedia. Pemrograman linier bertujuan untuk memaksimalkan keuntungan atau meminimalkan biaya dengan tetap memperhatikan batasan-batasan yang dinyatakan dalam persamaan dan ketidaksetaraan linier. Masalah alokasi sumber daya muncul ketika terdapat beberapa kegiatan yang memerlukan pemenuhan kebutuhan tertentu tetapi terbatas oleh kapasitas atau anggaran yang ada. Untuk menyelesaikan tantangan tersebut, masalah ini kemudian diterjemahkan ke dalam formulasi matematis sehingga dapat dianalisis dan diselesaikan dengan metode yang sistematis. Selain itu, pemrograman linier memiliki banyak aplikasi dalam berbagai industri, termasuk produksi, transportasi, dan keuangan. Dalam produksi, teknik ini digunakan untuk menentukan jadwal optimal yang meminimalkan pemborosan bahan baku dan waktu kerja. Di bidang transportasi, pemrograman linier membantu merancang rute pengiriman barang yang paling efisien guna mengurangi biaya logistik. Sementara dalam keuangan, metode ini diterapkan untuk mengoptimalkan portofolio investasi dengan mempertimbangkan risiko dan keuntungan secara seimbang. Dengan perkembangan teknologi, pemrograman linier kini dapat diselesaikan menggunakan perangkat lunak khusus yang memungkinkan penyelesaian masalah yang kompleks dengan lebih cepat dan akurat. Pemanfaatan pemrograman linier dalam berbagai bidang membuktikan bahwa teknik ini berperan penting dalam meningkatkan efisiensi dan produktivitas di era modern (Adriantantri & Indriani, 2021).

Metode *linier programming* ini memiliki aplikasi luas dalam berbagai bidang, seperti manajemen operasional, produksi, transportasi, dan keuangan. Dalam

manajemen operasional, pemrograman linier dapat digunakan untuk mengatur jadwal produksi yang optimal. Untuk menyelesaikan program linier, metode grafik sering digunakan ketika terdapat dua variabel, tetapi jika jumlah variabel lebih dari dua, metode ini menjadi tidak efektif. Sebagai alternatif, metode simpleks digunakan secara luas untuk menangani masalah dengan lebih dari dua variabel, memungkinkan pemrograman linier menangani persoalan kompleks dengan skala besar. Selain itu, perkembangan teknologi komputer telah mempermudah penyelesaian masalah pemrograman linier melalui perangkat lunak khusus yang cepat dan efisien (Syahputra, 2015).

Dalam bidang transportasi, pemrograman linier digunakan untuk menentukan rute pengiriman barang paling efisien, sementara dalam keuangan, teknik ini membantu mengoptimalkan portofolio investasi dengan memperhitungkan risiko dan keuntungan. Dalam produksi, pemrograman linier berperan dalam perencanaan alokasi bahan baku dan waktu produksi yang optimal, sehingga mengurangi biaya serta meningkatkan efisiensi. Selain itu, metode ini diterapkan dalam manajemen rantai pasokan untuk menentukan jumlah optimal produk yang harus diproduksi dan didistribusikan guna memenuhi permintaan pelanggan dengan biaya seminimal mungkin. Pemrograman linier juga berguna dalam sektor kesehatan untuk mengoptimalkan alokasi tenaga medis dan peralatan di rumah sakit agar pelayanan dapat diberikan secara efisien. Dalam bidang pertanian, teknik ini dimanfaatkan untuk menentukan kombinasi tanaman yang optimal agar menghasilkan keuntungan terbesar dengan mempertimbangkan faktor seperti cuaca, harga pasar, dan ketersediaan lahan. Selain itu, metode ini berperan dalam pengelolaan energi dengan menentukan distribusi optimal daya listrik, serta dalam industri penerbangan untuk merancang jadwal penerbangan yang meminimalkan biaya operasional sambil memenuhi kebutuhan penumpang. Seiring perkembangan teknologi, pemrograman linier kini dapat diintegrasikan dengan kecerdasan buatan untuk meningkatkan akurasi dalam analisis data dan pengambilan keputusan. Pendekatan ini semakin relevan dalam era digital, terutama dalam pengelolaan big data untuk optimasi proses bisnis. Dengan penerapan yang luas dalam berbagai sektor, pemrograman linier memungkinkan perusahaan mencapai efisiensi maksimum dalam pengelolaan sumber daya, menjadikannya alat yang tak

tergantikan dalam dunia industri dan ekonomi modern(Adriantantri & Indriani, 2021).

2.2 *Integer Programming*

Pemrograman Integer (Integer Programming) adalah salah satu metode optimasi dalam matematika yang bertujuan untuk menemukan solusi terbaik dari suatu permasalahan dengan memaksimalkan atau meminimalkan fungsi objektif seperti biaya, keuntungan, jarak, atau waktu—dengan tetap memenuhi sejumlah kendala atau batasan yang berlaku, di mana seluruh atau sebagian variabel keputusannya harus berbentuk bilangan bulat. Metode ini sangat relevan dalam berbagai konteks nyata yang membutuhkan keputusan diskrit, seperti menentukan jumlah unit produksi, alokasi kendaraan dalam sistem distribusi, penjadwalan tenaga kerja, penugasan proyek, hingga perencanaan kapasitas. Keunggulan utama pemrograman Integer terletak pada kemampuannya dalam menangani permasalahan kompleks yang tidak dapat diselesaikan secara efisien menggunakan teknik optimasi linier biasa, terutama saat solusi pecahan tidak dapat diterima dalam praktik. Dalam sektor usaha mikro, kecil, dan menengah (UMKM), pemrograman Integer telah dimanfaatkan sebagai alat bantu analisis dan pengambilan keputusan untuk memaksimalkan keuntungan dengan mempertimbangkan keterbatasan bahan baku, waktu proses produksi, dan kapasitas tenaga kerja. Perhitungan umumnya diawali dengan metode simpleks untuk memperoleh solusi layak awal dari model linear-relaksasi, lalu dilanjutkan dengan teknik branch and bound atau metode iteratif lainnya guna mencapai solusi optimal bilangan bulat. Ketika seluruh nilai pada baris C_j dalam tabel simpleks menunjukkan angka nol atau negatif, hal ini menandakan bahwa solusi optimal telah tercapai dan tidak ada lagi perbaikan yang dapat dilakukan dalam fungsi objektif. Hasil akhir dari proses ini kemudian dapat dijadikan dasar yang kuat dan kuantitatif dalam pengambilan keputusan bisnis, baik untuk penentuan volume produksi, efisiensi biaya, maupun pengelolaan sumber daya, sehingga UMKM dapat bersaing secara lebih efektif dan berkelanjutan di tengah dinamika pasar yang kompetitif (Zuserain dkk., 2021).

Selain UMKM, pemrograman Integer memiliki aplikasi yang sangat luas dan strategis di berbagai sektor industri, terutama yang menghadapi permasalahan

optimasi dengan variabel keputusan diskrit. Di sektor logistik, metode ini digunakan untuk menyelesaikan persoalan seperti *Vehicle Routing Problem* (VRP) dan *Traveling Salesman Problem* (TSP), dengan mempertimbangkan kapasitas kendaraan, waktu tempuh, biaya bahan bakar, serta batasan waktu pelayanan, sehingga dapat mengurangi biaya operasional dan meningkatkan efisiensi distribusi. Dalam sektor manufaktur, pemrograman Integer berperan penting dalam perencanaan dan penjadwalan produksi dengan mempertimbangkan keterbatasan sumber daya seperti mesin, tenaga kerja, dan bahan baku; metode ini juga digunakan dalam *job shop scheduling*, *assembly line balancing*, serta perencanaan pemeliharaan guna meningkatkan produktivitas dan menekan biaya. Di sektor keuangan, metode ini dimanfaatkan dalam penyusunan strategi investasi dan perencanaan portofolio, termasuk pemilihan aset dan pengelolaan risiko, untuk memaksimalkan return serta memastikan diversifikasi yang optimal. Selain itu, pemrograman Integer juga diaplikasikan dalam penjadwalan proyek dan alokasi sumber daya di berbagai organisasi, seperti dalam pengelolaan proyek konstruksi dan pengembangan produk, agar kegiatan berjalan tepat waktu dan sesuai anggaran. Di sektor energi dan transportasi, metode ini digunakan dalam pengelolaan smart grid untuk optimasi distribusi listrik serta dalam perencanaan jadwal dan alokasi armada transportasi publik. Dengan meningkatnya kompleksitas tantangan bisnis dan teknis di era digital, pemrograman Integer menjadi alat penting untuk mendukung pengambilan keputusan yang berbasis data dan model matematis, yang tidak hanya menghasilkan penghematan biaya dan peningkatan efisiensi, tetapi juga memberikan keunggulan kompetitif jangka panjang melalui strategi optimasi yang terstruktur, sistematis, dan rasional (Zuserain dkk., 2021).

2.3 Klasifikasi Permasalahan *Integer Programming*

Klasifikasi permasalahan *Integer Programming* mencakup beberapa kategori berdasarkan karakteristik dan batasannya. Pertama, ada Pemrograman Integer Murni, di mana semua variabel keputusan dalam model harus berupa bilangan bulat, seperti alokasi jumlah produk yang diproduksi dalam unit yang tidak boleh berupa bilangan pecahan. Kedua, ada Pemrograman Integer Campuran, yang merupakan kombinasi antara variabel keputusan bilangan bulat dan variabel

keputusan bilangan riil, seperti keputusan mengenai jumlah pabrik yang akan dibangun dan jumlah produk yang akan diproduksi secara simultan. Selanjutnya, ada Pemrograman 0-1, di mana variabel keputusan hanya dapat mengambil nilai 0 atau 1, misalnya dalam pengambilan keputusan untuk menerima atau menolak proyek tertentu berdasarkan kriteria yang ditentukan sebelumnya. Terakhir, ada Pemrograman Integer dengan Batasan Khusus, di mana variabel keputusan dikelompokkan dalam set yang memiliki urutan atau batasan tertentu, seperti pemilihan lokasi pabrik dari beberapa alternatif yang telah diprioritaskan berdasarkan faktor efisiensi atau biaya operasional (Akaya dkk., 2021).

Dalam setiap kategori, terdapat algoritma dan metode penyelesaian yang berbeda tergantung pada sifat kompleksitas masalah yang dihadapi. Beberapa metode yang sering digunakan dalam *Integer Programming* antara lain algoritma Branch and Bound, yang bekerja dengan membagi masalah utama ke dalam sub-masalah kecil hingga diperoleh solusi optimal. Selain itu, metode *Cutting Plane* digunakan untuk meningkatkan efisiensi penyelesaian dengan memangkas bagian dari ruang solusi yang tidak memenuhi kendala integer. Metode heuristik seperti algoritma genetika dan *simulated annealing* juga sering diterapkan untuk mencari solusi mendekati optimal dalam waktu yang lebih singkat, terutama dalam kasus dengan banyak variabel dan kendala yang kompleks. Pemrograman Integer memiliki penerapan luas dalam berbagai sektor industri, termasuk logistik, produksi, keuangan, dan manajemen proyek. Dalam bidang logistik, metode ini digunakan untuk menentukan rute distribusi barang secara optimal dengan mempertimbangkan kapasitas kendaraan dan efisiensi biaya operasional. Dalam industri manufaktur, pemrograman Integer membantu dalam perencanaan produksi, memastikan bahwa jumlah produk yang dibuat sesuai dengan kapasitas bahan baku dan tenaga kerja yang tersedia. Sementara di sektor keuangan, metode ini digunakan dalam pengelolaan portofolio investasi, memungkinkan investor untuk mengalokasikan aset berdasarkan risiko dan keuntungan yang diinginkan. Selain itu, pemrograman Integer juga berperan penting dalam penjadwalan proyek, membantu organisasi mengelola sumber daya secara lebih efektif dan mengurangi risiko keterlambatan yang mungkin terjadi karena keterbatasan tenaga kerja atau anggaran. Dalam praktiknya, penerapan teknik-teknik ini membutuhkan

pemahaman yang mendalam tentang model matematika serta kemampuan untuk menafsirkan hasil dari solusi yang diperoleh. Kemajuan teknologi komputer juga memungkinkan pemecahan masalah Integer Programming yang lebih kompleks dengan bantuan perangkat lunak yang dirancang khusus untuk menangani skala besar dalam waktu yang lebih singkat. Dengan meningkatnya kompleksitas tantangan dalam berbagai industri, pemrograman Integer menjadi alat yang sangat berguna untuk menyusun strategi optimasi yang lebih sistematis dan terstruktur. Metode ini tidak hanya membantu perusahaan dalam meningkatkan efisiensi operasional tetapi juga berkontribusi pada penghematan biaya serta optimalisasi penggunaan sumber daya yang tersedia. Seiring dengan perkembangan teknologi dan algoritma pemrograman, Integer Programming diperkirakan akan semakin menjadi bagian integral dari proses pengambilan keputusan di berbagai sektor industri (Akaya dkk., 2021).

2.4 Metode *Branch and Bound*

Metode *Branch and Bound* merupakan teknik optimasi yang digunakan untuk menyelesaikan masalah yang melibatkan variabel bilangan bulat dengan cara membagi masalah utama menjadi sub-masalah yang lebih kecil (*branching*) dan menambahkan batasan baru (*bound*) guna mempersempit ruang pencarian solusi. Metode ini diawali dengan menyelesaikan masalah *Integer Linear Programming* (ILP) sebagai *Linear Programming* (LP) dengan menggunakan metode simpleks. Jika solusi yang diperoleh bernilai bilangan bulat, maka solusi tersebut merupakan solusi optimal untuk ILP. Namun, jika solusi dari variabel keputusan masih berbentuk bilangan pecahan, maka salah satu variabel dipilih untuk dibuat percabangan, sehingga terbentuk sub-masalah baru yang perlu dianalisis lebih lanjut. Proses ini berlanjut dengan menentukan sub-masalah yang memiliki nilai tertinggi (*upper bound*), kemudian melakukan evaluasi untuk memastikan apakah solusi yang diperoleh sudah optimal atau perlu dilakukan percabangan tambahan. Jika solusi *upper bound* belum berupa bilangan bulat, maka proses percabangan terus dilakukan hingga ditemukan solusi yang memenuhi batasan integer secara optimal. Pendekatan ini sangat efektif dalam menangani masalah optimasi kompleks karena memungkinkan eksplorasi berbagai kemungkinan solusi secara

sistematis, sehingga dapat menghindari solusi yang tidak optimal dan meningkatkan efisiensi pencarian solusi terbaik (Khilaliyah Azzahrha dkk., 2021).

Penerapan metode *Branch and Bound* sangat luas dan memiliki manfaat signifikan dalam berbagai sektor industri, seperti logistik, produksi, keuangan, serta penjadwalan proyek. Dalam bidang logistik, metode ini membantu perusahaan dalam menentukan rute distribusi barang yang paling efisien dengan mempertimbangkan kapasitas kendaraan, biaya transportasi, dan waktu tempuh. Perusahaan dapat mengoptimalkan pengiriman dengan memastikan bahwa produk sampai ke tujuan dengan biaya seminimal mungkin dan waktu secepat mungkin. Dalam industri manufaktur, Branch and Bound digunakan untuk merencanakan alokasi bahan baku dan tenaga kerja secara optimal, guna meningkatkan produktivitas serta mengurangi pemborosan sumber daya. Teknik ini membantu perusahaan dalam menentukan jumlah produk yang harus diproduksi berdasarkan ketersediaan bahan baku dan tenaga kerja, sehingga proses produksi dapat berjalan dengan efisien dan sesuai dengan permintaan pasar.

Di sektor keuangan, metode ini digunakan untuk menyusun strategi investasi dan perencanaan portofolio dengan mempertimbangkan risiko serta keuntungan yang dapat diperoleh. Investor dan manajer keuangan dapat menggunakan metode ini untuk menentukan kombinasi investasi yang memberikan hasil optimal dengan tetap memperhatikan batasan dana yang tersedia dan risiko yang harus dikelola. Selain itu, pemrograman Branch and Bound juga memiliki aplikasi penting dalam penjadwalan proyek, memungkinkan organisasi untuk mengelola waktu dan biaya secara lebih efektif serta mengurangi risiko keterlambatan akibat kekurangan sumber daya. Manajer proyek dapat menggunakan metode ini untuk menentukan alokasi tugas secara optimal, sehingga proyek dapat selesai tepat waktu dan sesuai dengan anggaran yang tersedia. Seiring dengan perkembangan teknologi, metode Branch and Bound kini dapat diterapkan dengan bantuan perangkat lunak khusus yang memungkinkan analisis dan pemecahan masalah yang lebih kompleks secara cepat dan efisien. Perangkat lunak ini memungkinkan perusahaan untuk menguji berbagai skenario solusi dalam waktu singkat, sehingga keputusan yang diambil lebih akurat dan dapat meningkatkan daya saing mereka di pasar. Kemampuan metode ini untuk menangani permasalahan yang semakin kompleks menjadikannya

sebagai alat yang sangat penting dalam berbagai industri, terutama bagi perusahaan yang ingin meningkatkan efisiensi operasional dan mengoptimalkan sumber daya yang tersedia. Dengan semakin berkembangnya tuntutan dunia bisnis dan industri, metode Branch and Bound akan terus menjadi solusi yang relevan untuk menyelesaikan masalah optimasi dan meningkatkan produktivitas dalam jangka panjang (Khilaliyah Azzahrha dkk., 2021).

2.5 Metode Grafik

Metode Grafik digunakan untuk menyelesaikan masalah program linear yang memiliki dua variabel dengan cara menggambarkan grafik fungsi kendala dan fungsi tujuan. Proses ini dilakukan dengan memplot garis kendala serta garis fungsi tujuan pada bidang koordinat dua dimensi agar dapat menentukan solusi optimal secara visual. Grafik disusun dari persamaan yang telah diformulasikan sedemikian rupa sehingga titik-titik penyelesaian dapat diperoleh dari perpotongan garis kendala dan garis fungsi tujuan. Daerah feasible yang terbentuk dari grafik menunjukkan semua kemungkinan solusi yang memenuhi batasan yang telah ditentukan dalam model matematis. Metode ini memberikan keunggulan dalam hal visualisasi dan pemahaman intuitif, sehingga sering digunakan dalam pendidikan dan penelitian sebagai pengantar untuk teknik optimasi yang lebih kompleks. Meskipun sederhana, metode ini hanya dapat diterapkan pada masalah dengan dua variabel, sehingga untuk kasus dengan lebih banyak variabel, disarankan menggunakan metode lain seperti metode simpleks. Dengan perkembangan teknologi, perangkat lunak grafis kini memungkinkan visualisasi yang lebih akurat dan cepat dalam analisis optimasi berbasis metode Grafik (Asmara dkk., 2023).

Dalam metode ini, semua fungsi yang terlibat, baik berupa persamaan maupun pertidaksamaan, perlu digambarkan secara akurat dalam bidang koordinat dua dimensi. Dengan memvisualisasikan kendala dalam bentuk grafik, daerah feasible dapat diidentifikasi dengan jelas, memungkinkan analisis yang lebih intuitif terhadap solusi yang mungkin. Metode Grafik sangat berguna dalam memahami hubungan antara batasan dan fungsi tujuan dalam program linier, terutama bagi mereka yang baru mengenal konsep optimasi matematis. Namun, karena metode ini hanya dapat diterapkan pada masalah dengan dua variabel,

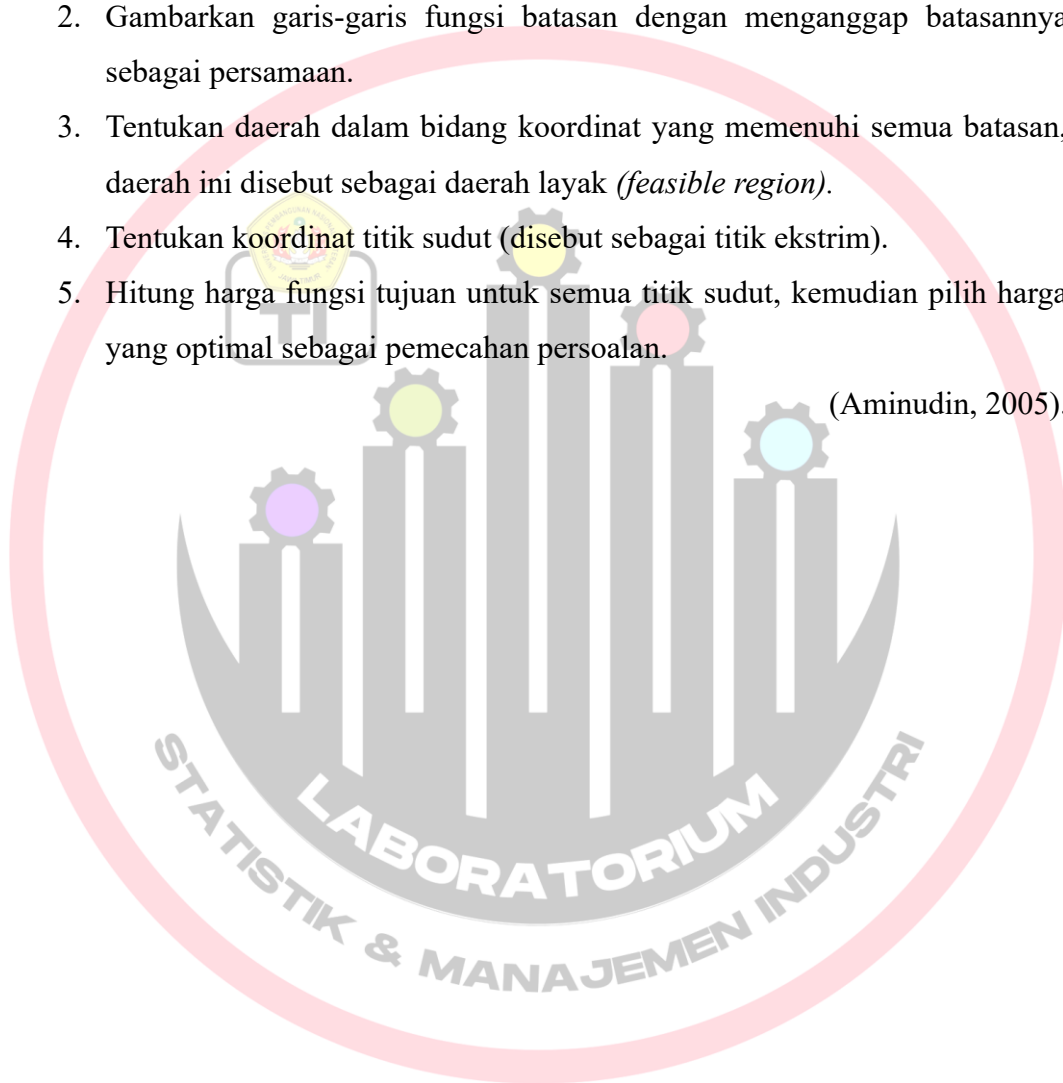
penggunaannya menjadi terbatas ketika menghadapi model yang lebih kompleks dengan lebih banyak variabel keputusan. Jika jumlah variabel dalam suatu masalah lebih dari dua, disarankan untuk menggunakan metode simpleks karena metode Grafik menjadi kurang efektif dalam mencari titik penyelesaian yang optimal. Metode simpleks memungkinkan penyelesaian masalah dengan lebih banyak variabel melalui pendekatan iteratif yang lebih sistematis dan efisien dibandingkan dengan metode Grafik (Puja dkk., 2023).

Metode Grafik merupakan salah satu teknik dasar dalam pemecahan model program linier yang diterapkan khusus pada permasalahan yang hanya memiliki dua variabel keputusan. Teknik ini sangat berguna karena memungkinkan visualisasi langsung dari hubungan antara kendala dan fungsi tujuan dalam bentuk grafik dua dimensi yang mudah dipahami secara intuitif. Dengan menggambarkan setiap kendala sebagai garis lurus pada bidang kartesian, kita dapat menentukan daerah feasible, yaitu area yang memenuhi seluruh kendala yang diberikan. Daerah feasible ini biasanya berbentuk poligon tertutup yang dibatasi oleh garis-garis kendala, dan setiap titik di dalam atau pada batas daerah tersebut merupakan solusi yang layak atau feasible solution. Fungsi tujuan, yang ingin dimaksimalkan atau diminimalkan, digambarkan sebagai garis dengan kemiringan tertentu yang dapat digeser sejajar untuk menemukan nilai optimum tanpa melanggar batasan. Titik optimum sering kali terletak pada salah satu titik sudut dari daerah feasible, karena pada titik-titik itulah nilai fungsi tujuan biasanya mencapai nilai maksimum atau minimum. Pendekatan ini sangat membantu dalam pembelajaran, terutama untuk siswa, mahasiswa, atau pemula di bidang riset operasi, karena memungkinkan mereka memahami konsep dasar program linier secara visual dan konkret sebelum beralih ke metode numerik atau algoritmik seperti metode simpleks yang lebih kompleks. Selain itu, metode Grafik juga dapat digunakan sebagai alat verifikasi hasil dari metode aljabar, sehingga dapat memastikan ketepatan dan keandalan solusi yang diperoleh melalui perhitungan matematis. Walaupun metode ini memiliki keterbatasan karena hanya berlaku untuk dua variabel keputusan, ia tetap menjadi fondasi penting yang tidak boleh diabaikan dalam memahami prinsip dasar optimasi linier. Dengan demikian, metode Grafik tidak hanya berguna dalam menyelesaikan masalah kecil secara visual, tetapi juga memperkuat pemahaman

konseptual dalam bidang riset operasi, membantu dalam pengambilan keputusan, dan mendukung pengembangan kemampuan analitis yang lebih baik pada tingkat akademik maupun praktis. Langkah-langkah pemecahan dengan metode grafik adalah sebagai berikut:

1. Gambarkan sebuah bidang koordinat dengan kedua variabel sebagai sumbu-sumbu koordinat.
2. Gambarkan garis-garis fungsi batasan dengan menganggap batasannya sebagai persamaan.
3. Tentukan daerah dalam bidang koordinat yang memenuhi semua batasan, daerah ini disebut sebagai daerah layak (*feasible region*).
4. Tentukan koordinat titik sudut (disebut sebagai titik ekstrim).
5. Hitung harga fungsi tujuan untuk semua titik sudut, kemudian pilih harga yang optimal sebagai pemecahan persoalan.

(Aminudin, 2005).



BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian tugas besar praktikum optimasi industri dilaksanakan melalui observasi secara langsung pada UMKM Teh Nusantara yang berlokasi di Jalan Raya Rungkut Madya No. 1, depan Kampus UPN “Veteran” Jawa Timur dan wawancara dengan Ibu Dyah selaku staf atau penjual (narasumber) pada tanggal 20 Mei 2025. Penentuan waktu dan tempat penelitian berdasarkan ketersediaan narasumber dan relevansinya dengan topik penelitian yang diambil.

3.2 Tahapan Pengumpulan Data

Berdasarkan project yang telah dilaksanakan, didapatkan data pengamatan sebagai berikut:

Data pada penelitian ini merupakan data primer yang telah diolah sedemikian rupa agar memenuhi kebutuhan penelitian yang akan dilakukan. Data akan diolah lebih lanjut untuk mendapatkan hasil yang sesuai kondisi saat data diambil di lapangan.

Data yang diperlukan:

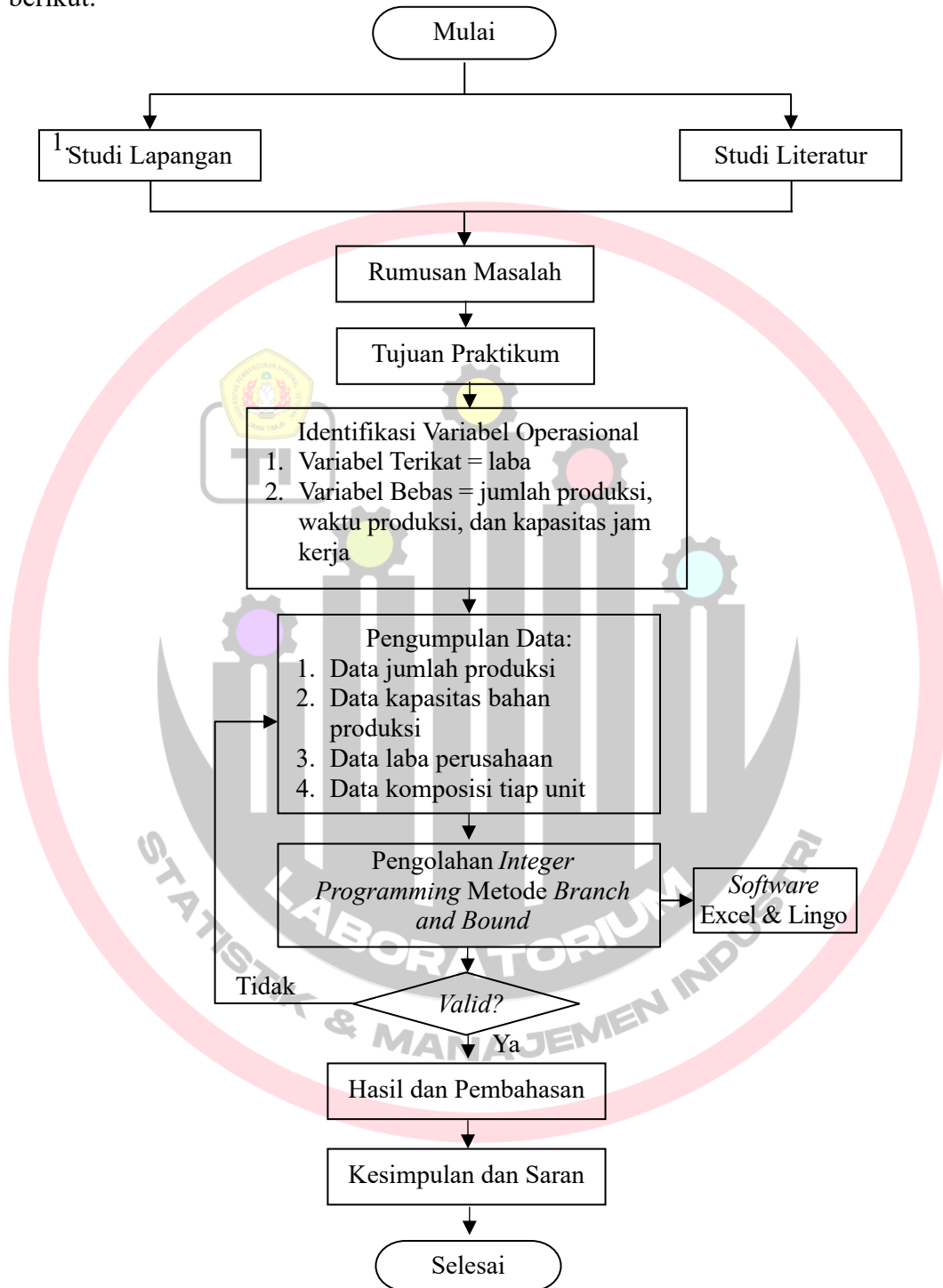
1. Data jumlah produksi
2. Data kapasitas bahan produksi
3. Data laba perusahaan
4. Data komposisi tiap unit

Tabel 3.1 Data Pengamatan

Kebutuhan bahan per unit	Jenis Produk		Batasan
	Gelas sedang (X1)	Gelas Besar (X2)	
Bubuk perasa	1	2	120
Es batu	2	3	100
Gula	3	4	130
Teh	2	3	120
Total laba/unit	2.400	3.300	

3.3 Flowchart

Langkah-langkah dalam penyelesaian masalah dapat dijabarkan sebagai berikut:



Gambar 3.1 Flowchart

(Sumber: Pengolahan Data, 2025)

Adapun langkah langkah sistematis untuk tahap pengolahan data berdasarkan flowchart di atas adalah sebagai berikut.

1. Mulai

Mulai merupakan tahap pertama dalam menjalankan penelitian. Ini adalah langkah yang sangat penting karena menentukan kerangka kerja untuk penelitian. Pada sebuah penelitian sebelum melaksanakan sesuatu adalah memulainya.

2. Studi Literatur.

Pada penelitian ini, studi literatur dilakukan dengan cara membaca kepustakaan atau literatur. Teori yang digunakan diambil dari berbagai sumber, seperti *text book*, internet, jurnal penelitian dan artikel-artikel yang sesuai dengan kajian permasalahan. Teori yang digunakan antara lain konsep dasar *Integer Programming* metode *Branch and Bound*.

3. Studi Lapangan.

Studi lapangan dilakukan pengamatan secara langsung untuk mengetahui gambaran mengenai keadaan objek yang diteliti di UMKM The Nusantara.

4. Rumusan Masalah.

Rumusan masalah adalah langkah penting dalam penelitian, di mana masalah tersebut diidentifikasi dan dirumuskan sebagai pertanyaan yang muncul dari studi literatur dan studi lapangan. Untuk menjawab pertanyaan ini, penelitian akan melibatkan pengumpulan data, analisis, serta pengolahan data. Rumusan masalah dalam jurnal ini yakni “Bagaimana cara menentukan banyaknya produk yang harus diproduksi oleh UMKM Es Teh Nusantara untuk dapat memberikan biaya keuntungan maksimum berdasarkan waktu produksi dan kapasitas jam kerja menggunakan Software Excel dan Lingo?”

5. Tujuan Penelitian

Setelah rumusan masalah dilanjutkan dengan tujuan penelitian agar tujuan yang diharapkan bisa menyelesaikan permasalahan. Tujuan Penelitian ini adalah menentukan laba optimum menggunakan *Integer Programming* dengan metode *Branch and Bound* dengan bantuan *Software Excel* dan *Lingo*.

6. Identifikasi Variabel Operasional Variabel bebas merupakan variabel independen yang mana variabel ini sifatnya memang bebas. Variabel terikat merupakan variabel yang dipengaruhi variabel bebas. Pada penelitian ini untuk variabel bebas yang digunakan adalah jumlah produksi, waktu produksi, dan kapasitas jam kerja. Sedangkan variabel terikat yang digunakan yaitu jumlah laba maksimum yang dihasilkan oleh UMKM Teh Nusantara.
7. Pengumpulan Data
Pengumpulan data merupakan proses yang dibutuhkan dalam penelitian baik data yang dimiliki UMKM Teh Nusantara maupun data yang berasal dari pengamatan langsung atau observasi, serta data perusahaan. yang diperoleh dari Pengumpulan data merupakan data sekunder di mana terdapat 4 data yang dikumpulkan yakni data laba perusahaan, data kapasitas bahan produksi, data waktu produksi, dan data kapasitas jam kerja.
8. Pengolahan data
Pengolahan data dan analisis menggunakan metode *Branch and Bound* dengan *Software Excel Solver*. *Software Excel Solver* merupakan program komputer yang dapat digunakan untuk permasalahan menyelesaikan optimasi yang bervariasi menjadi lebih mudah dan efisien.
9. *Valid*
Apabila *valid* maka panah mengarah ke tahap selanjutnya, jika tidak akan kembali ke pengumpulan data. Setelah pengolahan data telah valid, data yang dihasilkan dilakukan analisa pembahasan. Jika pengolahan data tidak valid maka pengumpulan data akan diulang. Jika pengolahan data *valid* maka data akan digunakan untuk mencari hasil dan pembahasan.
10. Hasil dan Pembahasan
Setelah data diolah, hasilnya diinterpretasikan dan dibahas. Ini adalah tahap di mana menghubungkan hasil analisis dengan teori yang ada, serta menilai apakah tujuan penelitian tercapai. UMKM Es Teh Nusantara memproduksi es teh ukuran sedang dan ukuran besar dengan keuntungan masing-masing Rp 1.400 dan Rp 3.300 per unit. Proses produksi membutuhkan beberapa bahan, yaitu bubuk perasa, es batu, gula, dan teh, dengan kapasitas bahan tertentu. Untuk menentukan jumlah produksi yang memberikan keuntungan

maksimal, digunakan metode Integer Programming. Model matematika yang digunakan memiliki fungsi tujuan $Z = 2400x_1 + 3300x_2$ untuk memaksimalkan keuntungan, dengan kendala sebagai berikut: $x_1 + 2x_2 \leq 100$ (bubuk perasa), $3x_1 + 3x_2 \geq 100$ (es batu), $x_1 + 3x_2 \leq 130$ (gula), $2x_1 + 3x_2 \leq 120$ (teh), serta $x_1, x_2 \geq 0$ sebagai bilangan bulat. Hasil optimasi menggunakan *Software* Excel Solver dan LINGO menunjukkan bahwa solusi optimal diperoleh dengan keuntungan sebesar Rp 107.100, dengan jumlah produksi 2 es teh ukuran sedang dan 31 es teh ukuran besar. Solusi ini memenuhi semua batasan yang telah ditentukan, sehingga memberikan keuntungan maksimal tanpa melebihi kapasitas waktu produksi.

11. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan, ditarik kesimpulan yang menjawab rumusan masalah dan tujuan penelitian. Selain itu, saran untuk penelitian atau proyek selanjutnya juga diberikan. Hasil yang didapatkan pada penelitian ini adalah keuntungan maksimum sebesar Rp. 107.100 dan jumlah produk yang harus diproduksi yakni 2 es teh ukuran sedang dan 31 es teh ukuran besar. Saran untuk penelitian selanjutnya adalah sebaiknya data yang dikumpulkan untuk diolah semakin variatif agar didapatkan hasil yang lebih valid dan optimal.

12. Selesai

Selesai merupakan langkah akhir yang menunjukkan bahwa semua tugas telah diselesaikan. Pengolahan data selesai dengan hasil yang akurat.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil dan Pembahasan

4.1.1 Pengolahan Data Menggunakan *Software*

Tabel 4.1 Tabel Pengolahan Data

Kebutuhan bahan per unit	Jenis Produk		Batasan
	Gelas sedang (X1)	Gelas Besar (X2)	
Bubuk perasa	1	2	120
Es batu	2	3	100
Gula	3	4	130
Teh	2	3	120
Total laba/unit	2.400	3.300	

Dengan fungsi tujuan:

Maksimumkan

$$Z = 2400x_1 + 3300x_2 \quad (1)$$

Dengan fungsi batasan

$$x_1 + 2x_2 \leq 100 \quad (2)$$

$$2x_1 + 3x_2 \leq 100 \quad (3)$$

$$3x_1 + 4x_2 \leq 130 \quad (4)$$

$$2x_1 + 3x_2 \leq 120 \quad (5)$$

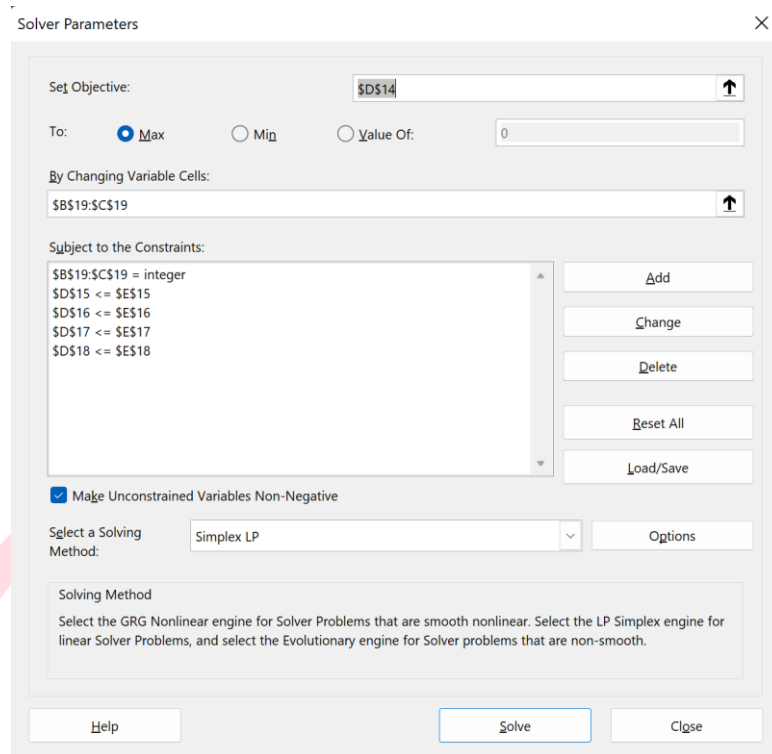
$$x_1, x_2 \geq 0 \text{ dan integer} \quad (6)$$

- *Input Data*

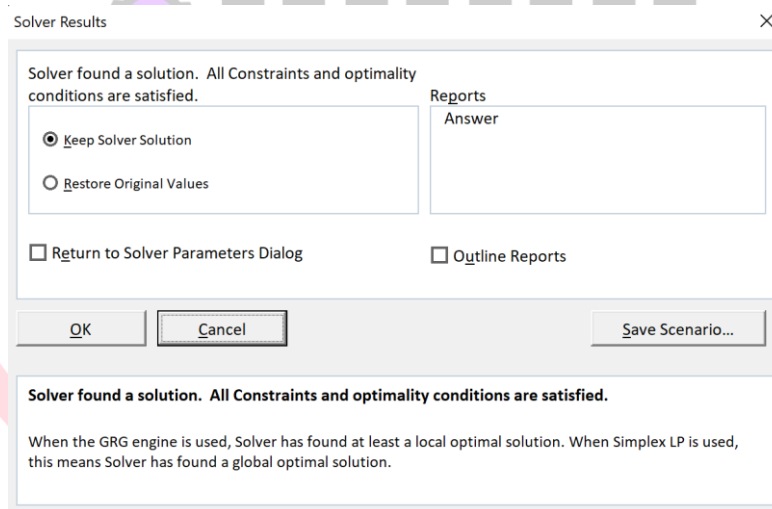
- a. *Input Data Software Excel*

	X1	X2	Nilai Variabel Keputusan (z)	Batas
Fungsi Tujuan	2400	3300	0	
Bubuk perasa	1	2	0	100
Es batu	2	3	0	100
Gula	3	4	0	130
Teh	2	3	0	120
Variabel Keputusan	0	0		

Gambar 4.2 *Input Data pada Software Excel*



Gambar 4.3 *Input Data Solver Parameter pada Solver Excel*



Gambar 4.4 *Solver Result*

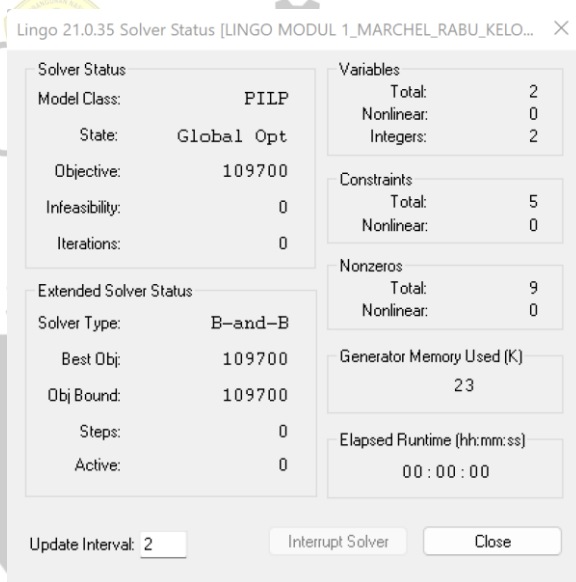
b. *Input Data Software Lingo*

```

1  MAX= 2400*X1 + 3500*X2;
2  1*X1 + 2*X2 <= 120;
3  2*X2 + 3*X2 >= 100;
4  3*X1 + 4*X2 <= 130;
5  2*X1 + 3*X2 <= 120;
6
7  @GIN(X1);
8  @GIN(X2);
9
10 END
11

```

Gambar 4.5 *Input Data Software Lingo*



Gambar 4.6 *Solver Status Lingo*

- *Output Data*
- 1. *Output Data Software Excel*

	X1	X2	Nilai Variabel Keputusan (z)	Batas
Fungsi Tujuan	2400	3300	107100	
Bubuk perasa	1	2	64	100
Es batu	2	3	97	100
Gula	3	4	130	130
Teh	2	3	97	120
Variabel Keputusan	2	31		

Gambar 4.7 *Output Excel Solver*

Berdasarkan hasil pengolahan data menggunakan *Software Excel*, didapatkan solusi optimal sebesar Rp 107.100. Variabel yang digunakan adalah X_1 untuk

ukuran sedang dan X_2 untuk ukuran besar, dengan total 4 fungsi kendala yang diterapkan. Dari hasil di atas, UMKM Es Teh Nusantara harus memproduksi 2 es teh ukuran sedang dan 31 es teh ukuran besar sehingga dapat mencapai keuntungan maksimal sebesar Rp 107.100.

2. Output Data Software Lingo

```

LINGO/WIN64 21.0.35 (7 Nov 2024 ), LINDO API 15.0.6099.204

Licensee info: Eval Use Only
License expires: 19 AUG 2025

Global optimal solution found.
Objective value:                107100.0
Objective bound:                107100.0
Infeasibilities:                0.000000
Extended solver steps:         0
Total solver iterations:       0
Elapsed runtime seconds:       0.08

Model Class:                    MILP

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

Total constraints:              5
Nonlinear constraints:         0

Total nonzeros:                10
Nonlinear nonzeros:           0

Variable      Value      Reduced Cost
-----
X1            2.000000    -2400.000
X2            31.000000    -3300.000

Row   Slack or Surplus   Dual Price
----
1     107100.0           1.000000
2     36.000000          0.000000
3     3.000000           0.000000
4     0.000000           0.000000
5     23.000000          0.000000

```

Gambar 4.8 Output Lingo

Berdasarkan hasil pengolahan data menggunakan *Software Lingo* yang telah dilakukan, didapatkan hasil optimal dan *objective value* sebesar Rp. 107.100. Terdapat dua variabel, yaitu x_1 dan x_2 beserta 4 fungsi kendala dengan satu fungsi tujuan. Nilai x_1 sebesar 2 dan nilai x_2 sebesar 31. Berdasarkan hasil di atas, UMKM Es Teh Nusantara harus memproduksi 2 es teh ukuran sedang dan 31 es teh ukuran besar untuk mendapatkan keuntungan yang maksimal sebesar Rp 107.100.

4.1.2 Pengolahan Data Secara Manual

- Tahap 1

Persoalan 1 $Z = 107.250$ $X_1 = 0$ $X_2 = 32,5$

Persoalan 1

Dengan fungsi tujuan:

Maksimumkan

$$Z = 2400x_1 + 3300x_2 \quad (7)$$

Dengan fungsi batasan

$$x_1 + 2x_2 \leq 100 \quad (8)$$

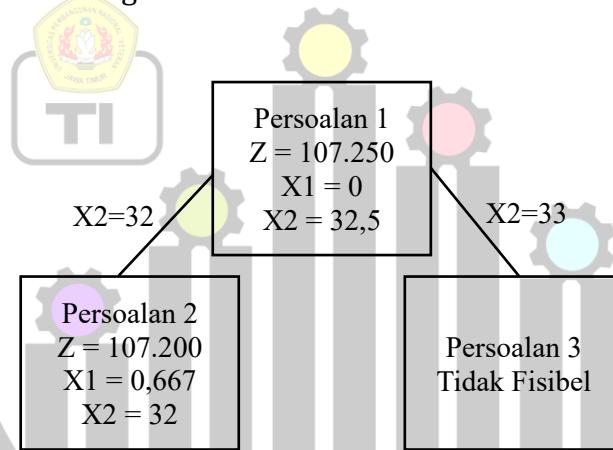
$$2x_1 + 3x_2 \leq 100 \quad (9)$$

$$3x_1 + 4x_2 \leq 130 \quad (10)$$

$$2x_1 + 3x_2 \leq 120 \quad (11)$$

$$x_1, x_2 \geq 0 \text{ dan integer} \quad (12)$$

- Tahap 2



Persoalan 2

Dengan fungsi tujuan:

Maksimumkan

$$Z = 2400x_1 + 3300x_2 \quad (13)$$

Dengan fungsi batasan

$$x_1 + 2x_2 \leq 100 \quad (14)$$

$$2x_1 + 3x_2 \leq 100 \quad (15)$$

$$3x_1 + 4x_2 \leq 130 \quad (16)$$

$$2x_1 + 3x_2 \leq 120 \quad (17)$$

$$x_2 \leq 32 \quad (18)$$

$$x_1, x_2 \geq 0 \text{ dan integer} \quad (19)$$

Persoalan 3

Dengan fungsi tujuan:

Maksimumkan

$$Z = 2400x_1 + 3300x_2 \quad (20)$$

Dengan fungsi batasan

$$x_1 + 2x_2 \leq 100 \quad (21)$$

$$2x_1 + 3x_2 \leq 100 \quad (22)$$

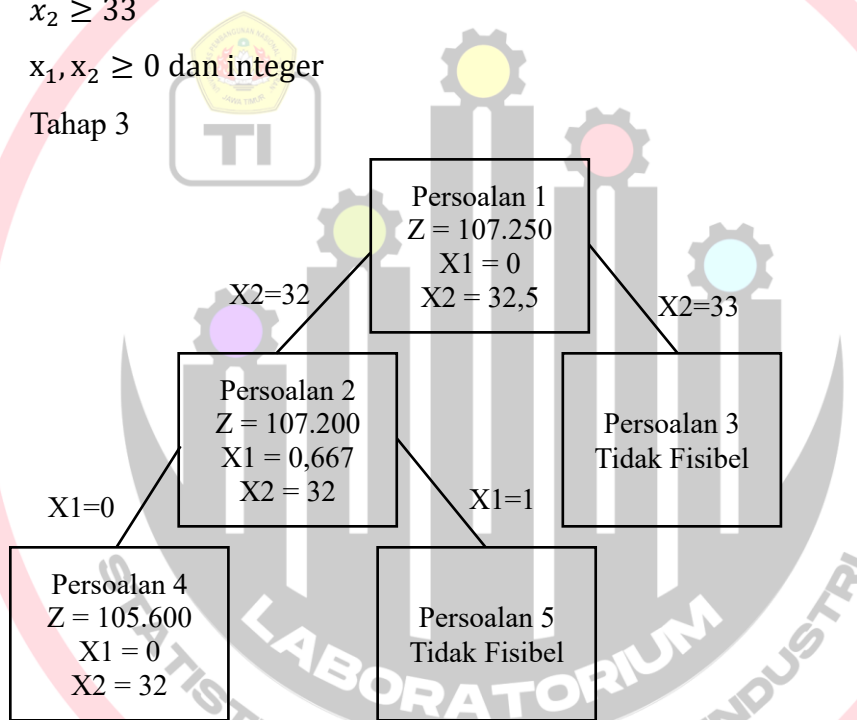
$$3x_1 + 4x_2 \leq 130 \quad (23)$$

$$2x_1 + 3x_2 \leq 120 \quad (24)$$

$$x_2 \geq 33 \quad (25)$$

$$x_1, x_2 \geq 0 \text{ dan integer} \quad (26)$$

- Tahap 3



Persoalan 4

Dengan fungsi tujuan:

Maksimumkan

$$Z = 2400x_1 + 3300x_2 \quad (27)$$

Dengan fungsi batasan

$$x_1 + 2x_2 \leq 100 \quad (28)$$

$$2x_1 + 3x_2 \leq 100 \quad (29)$$

$$3x_1 + 4x_2 \leq 130 \quad (30)$$

$$2x_1 + 3x_2 \leq 120 \quad (31)$$

$$x_1 \leq 0 \quad (32)$$

$$x_1, x_2 \geq 0 \text{ dan integer} \quad (33)$$

Persoalan 5

Dengan fungsi tujuan:

Maksimumkan

$$Z = 2400x_1 + 3300x_2 \quad (34)$$

Dengan fungsi batasan

$$x_1 + 2x_2 \leq 100 \quad (35)$$

$$2x_1 + 3x_2 \leq 100 \quad (36)$$

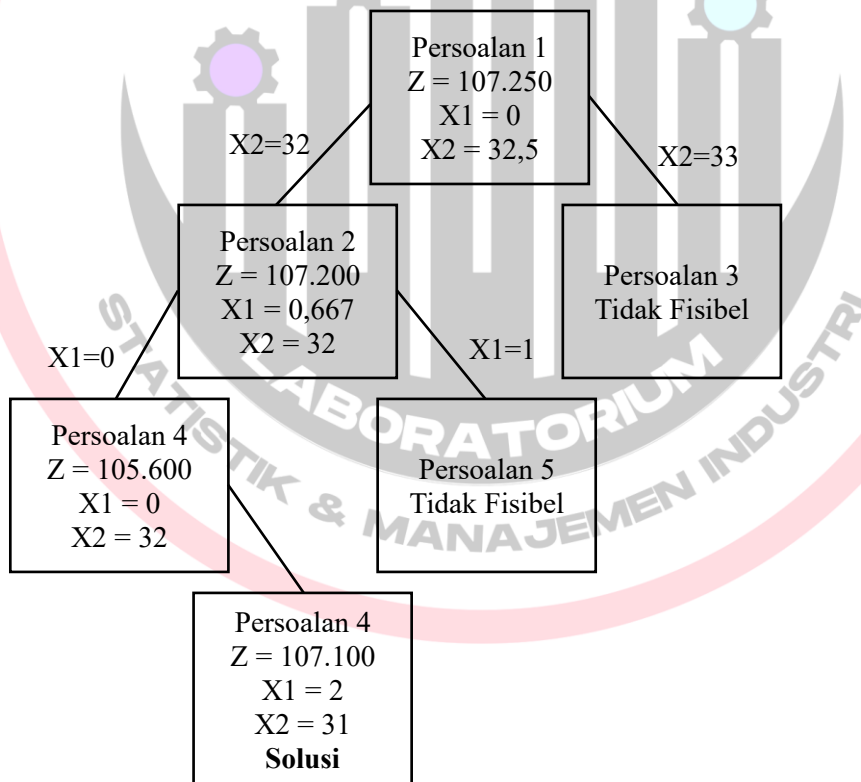
$$3x_1 + 4x_2 \leq 130 \quad (37)$$

$$2x_1 + 3x_2 \leq 120 \quad (38)$$

$$x_1 \geq 1 \quad (39)$$

$$x_1, x_2 \geq 0 \text{ dan integer} \quad (40)$$

- Tahap 4



Persoalan 6

Dengan fungsi tujuan:

Maksimumkan

$$Z = 2400x_1 + 3300x_2 \quad (41)$$

Dengan fungsi batasan

$$x_1 + 2x_2 \leq 100 \quad (42)$$

$$2x_1 + 3x_2 \leq 100 \quad (43)$$

$$3x_1 + 4x_2 \leq 130 \quad (44)$$

$$2x_1 + 3x_2 \leq 120 \quad (45)$$

$$x_1 \geq 2 \quad (46)$$

$$x_2 \geq 31 \quad (47)$$

$$x_1, x_2 \geq 0 \text{ dan integer} \quad (48)$$

Berdasarkan perhitungan dan pohon pencarian dapat diperoleh hasil optimal sebesar Rp. 107.100. Terdapat dua variabel, yaitu x_1 dan x_2 beserta 4 fungsi kendala dengan satu fungsi tujuan. Nilai x_1 sebesar 2 dan nilai x_2 sebesar 31. Berdasarkan hasil di atas, UMKM Es Teh Nusantara harus memproduksi 2 es teh ukuran sedang dan 31 es teh ukuran besar untuk mendapatkan keuntungan yang maksimal sebesar Rp 107.100.

4.2 Pembahasan

Es Teh Nusantara merupakan sebuah Usaha Mikro, Kecil, dan Menengah (UMKM) yang beroperasi di sektor industri minuman, khususnya dalam produksi es teh dengan cita rasa khas. Dalam upaya memperluas pangsa pasar dan meningkatkan daya saing di tengah kompetisi industri minuman yang semakin ketat, perusahaan menerapkan strategi diversifikasi produk melalui pengenalan varian kemasan dengan ukuran yang lebih menarik. Meskipun telah melakukan berbagai inovasi, tantangan dalam optimalisasi efisiensi operasional, terutama dalam proses produksi, tetap menjadi perhatian utama. Untuk menjawab tantangan tersebut, pendekatan optimasi dengan metode *Integer Programming* menggunakan teknik *Branch and Bound* dapat diterapkan guna menentukan jumlah produksi yang optimal berdasarkan batasan waktu dan kapasitas produksi. Proses ini dapat dilakukan dengan memanfaatkan *software* seperti Excel Solver dan LINGO, yang memungkinkan pemodelan kendala serta penyelesaian masalah optimasi secara lebih akurat dan efisien.

Integer Programming adalah varian dari program linear dengan variabel *integer*. *Integer Programming* berguna untuk memodelkan masalah dengan variabel yang harus berupa bilangan bulat, seperti jumlah orang yang tidak bisa berupa pecahan (Junianti & John, 2022). Dalam *Integer Programming* terdapat beberapa metode penyelesaian, salah satunya adalah metode *Branch and Bound*. Metode *Branch and Bound* adalah teknik penting dalam *Integer Programming* yang bertujuan menemukan solusi optimal. Metode ini sangat efektif karena mengombinasikan pencarian menyeluruh dengan pembatasan, mempercepat proses pencarian solusi optimal. Metode *Branch and Bound* juga berguna dalam memecahkan masalah optimasi yang kompleks, karena memungkinkan kita untuk mengeksplorasi berbagai kemungkinan solusi secara sistematis (Khilaliyah Azzahrha dkk., 2021).

Berdasarkan hasil pengolahan data menggunakan *Software Excel* dan *Lingo*, didapatkan solusi optimal sebesar Rp 107.100. Terdapat dua variabel yang digunakan, yaitu X_1 untuk ukuran sedang dan X_2 untuk ukuran besar, serta empat fungsi kendala yang diterapkan. Dari analisis tersebut, UMKM Es Teh Nusantara perlu memproduksi 2 es teh ukuran sedang dan 31 es teh ukuran besar agar mencapai keuntungan maksimal sebesar Rp 107.100. Selain itu, berdasarkan perhitungan dan pohon pencarian yang telah dilakukan, hasil optimal menunjukkan X_1 sebesar 2 dan X_2 sebesar 31. Dari solusi tersebut didapatkan solusi optimal sebesar Rp 107.100.

Berdasarkan hasil analisis menggunakan perangkat lunak Excel, Lingo, serta metode pohon pencarian, diperoleh solusi optimal bagi UMKM Es Teh Nusantara dalam upaya memaksimalkan keuntungan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa produksi 2 unit es teh ukuran sedang dan 31 unit es teh ukuran besar menghasilkan nilai optimal keuntungan sebesar Rp 107.100. Proses optimasi ini mempertimbangkan dua variabel keputusan dan empat fungsi kendala, yang digunakan untuk memastikan efisiensi sumber daya dalam proses produksi. Melalui pendekatan berbasis data, strategi produksi yang diterapkan telah diuji secara sistematis guna mencapai hasil terbaik. Temuan ini memperkuat landasan pengambilan keputusan bisnis berbasis analisis kuantitatif dalam meningkatkan profitabilitas usaha.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

1. Strategi optimasi penjualan yang diterapkan oleh UMKM Es Teh Nusantara dalam upaya memaksimalkan keuntungan menggunakan pendekatan *integer programming*, khususnya metode *branch and bound*. Teknik ini bertujuan untuk menentukan kombinasi jumlah produk yang dapat menghasilkan keuntungan optimal dengan tetap mempertimbangkan batasan produksi yang berlaku. Berdasarkan hasil analisis kuantitatif, strategi produksi yang paling efektif adalah memproduksi 2 unit es teh ukuran sedang dan 31 unit es teh ukuran besar, yang menghasilkan keuntungan maksimum sebesar Rp 107.100.
2. Analisis perbandingan *output* metode *branch and bound* yang diperoleh dari perangkat lunak Excel, Lingo, serta perhitungan manual menunjukkan konsistensi dalam hasil optimasi. Baik pendekatan berbasis perangkat lunak maupun manual menghasilkan solusi optimal yang sama, yaitu $X_1=2$ dan $X_2=31$, dengan keuntungan maksimum sebesar Rp 107.100. Konsistensi ini mengindikasikan bahwa setiap metode memiliki tingkat akurasi yang tinggi dalam menyelesaikan permasalahan optimasi, selama teknik *branch and bound* diterapkan secara sistematis dan sesuai prosedur. Dengan demikian, penggunaan perangkat lunak dapat menjadi alat yang efektif untuk mendukung pengambilan keputusan berbasis data dalam optimalisasi produksi dan profitabilitas usaha.
3. Efektivitas penggunaan perangkat lunak Excel dan Lingo dalam menyelesaikan permasalahan optimasi keuntungan dengan metode *branch and bound* tergolong sangat tinggi. Kedua perangkat ini berperan dalam memfasilitasi proses pemodelan serta mempercepat pencarian solusi optimal, tanpa perlu melalui prosedur perhitungan manual yang kompleks dan memakan waktu. Dengan kemampuan untuk menampilkan hasil secara cepat dan akurat, Excel dan Lingo juga dapat meminimalkan potensi kesalahan yang mungkin terjadi dalam perhitungan manual. Oleh karena itu,

pemanfaatan perangkat lunak ini memberikan kontribusi signifikan dalam meningkatkan efisiensi serta ketepatan pengambilan keputusan dalam perencanaan produksi dan strategi penjualan.

5.2 Saran

1. Studi lebih lanjut dapat membandingkan branch and bound dengan metode optimasi lainnya, seperti dynamic programming, genetic algorithms, atau heuristic approaches, untuk mengevaluasi efektivitas dan efisiensi masing-masing metode dalam konteks perencanaan produksi.
2. Selain penggunaan perangkat lunak seperti Excel dan Lingo dalam perencanaan produksi guna mengoptimalkan keuntungan serta mempercepat proses pengambilan keputusan, dapat juga digunakan implementasi teknologi lain seperti Python dengan pustaka optimasi, juga dapat menjadi alternatif yang lebih fleksibel untuk analisis lebih lanjut.
3. Penelitian selanjutnya sebaiknya dilakukan dengan menggunakan faktor lain seperti tingkat penjualan maupun tingkat tenaga produksi. Sehingga, data yang dikumpulkan untuk diolah semakin variatif agar didapatkan hasil yang lebih valid dan optimal.

STATISTIK & MANAJEMEN INDUSTRI
LABORATORIUM

DAFTAR PUSTAKA

- Adriantantri, E., & Indriani, S. (2021). Optimization of Production Planning Using Linear Programming. *International Journal of Software & Hardware Research in Engineering (IJSHRE) Emmalia Adriantantri; Sri Indriani*, 9(11), 41–46.
- Aminudin. (2005). *Riset Operasi*. Penerbit Erlangga. Medan:Unimed Press.
- Asmara, T., Rahmawati, M., Aprilla, M., Harahap, E., & Darmawan, D. (2023). Strategi Pembelajaran Pemrograman Linier. *Jurnal Teknologi Pendidikan Dan Pembelajaran*, 8, 506–514.
- Bahriye A., Devis K., Beyza G., & Ebubekir K. (2021). A Survey on The Artificial Bee Colony Algorithm Variants for Binary, Integer and Mixed Integer Programming Problems. *Applied Soft Computing*, 106(107351).
- Febrianti T. & Harahap E. (2021). Penggunaan Aplikasi MATLAB Dalam Pembelajaran Program Linear. *Jurnal Matematika*. 20(1).
- Junianti E. & John. (2022). Optimalisasi Produktivitas Dan Penjualan Menggunakan Metode *Integer Programming*. *Jurnal Kajian Ilmiah*. 22(3).
- Khilaliyah Azzahrha, F., Puspa Sari, R., Dhika Rahma Fauzi, M., & Karawang, S. (2021). STRING (Satuan Tulisan Riset dan Inovasi Teknologi) Optimalisasi Produksi Tahu Menggunakan Metode *Branch and Bound* Dan Cutting Plane. *Satuan Tulisan Riset Dan Inovasi Teknologi*, 6(2), 175–184.
- Puja, A., Fu'adin, A., Azahara, A., Hari, I., Hafizh, M., & Salsa, R. (2023). Penerapan Program Linear dalam Memaksimalkan Laba Pedagang Jus Buah. *Jurnal Matematika*, 22(1), 9–14.
- Syahputra, E. (2015). *Program Linier*. Unimed Pess. Jakarta:Erlangga.
- Zuserain, A., Winarno, W., Nugraha, B., & Momon, A. (2021). Analisa Optimalisasi Keuntungan dengan Integer Linear Programming dan Metode *Branch and Bound* pada Toko Bunga QuinnaStory. *Journal Industrial Servicess*, 6(2), 99.

LAMPIRAN

1. Tabel Kontribusi

No.	Nama / NPM	Keterangan
1	Rhenda Desta Permana / 23032010079	Penyusunan bab 2
		Penyusunan bab 3
		Penyusunan sebagian bab 4
2	Yoga Ramadhani Anjati / 23032010094	Penyusunan bab 1
		Penyusunan sebagian bab 4
		Penyusunan bab 5

2. Dokumentasi Penelitian

- Foto Tempat / Lokasi/ Pengambilan Data



- Foto Kedua Praktikan Ketika Melakukan Pengambilan Data



3. Literatur

1. (Adriantantri & Indriani, 2021)

Optimization of Production Planning Using Linear Programming

Authors: Emmalia Adriantantri¹; Sri Indriani²

Affiliation: Industrial Engineering Department, National Institute of Technology Malang,

Indonesia^{1,2}

E-mail: emmalia@lecturer.itn.ac.id¹; indriani@lecturer.itn.ac.id²

DOI: 10.26821/IJSHRE.9.11.2021.91116

ABSTRACT

The production process carried out by an industry aims to meet customer demands accurately and quickly through a production process. If the production results are not following customer demand, whether it is a shortage or excess product, it can result in increased costs incurred by the industry. Therefore, it is necessary to carry out a comprehensive production planning (Aggregate Production Planning) by considering the number of customer requests and the resources or capacity owned by the industry. The purpose of this research is to find a comprehensive optimization system model of the production planning, to optimize the production costs incurred and the level of profit. The methods used are the forecasting method, the Aggregate Production Planning method, and linear programming. The variables and parameters used are the appropriate production factors to obtain an optimization model for aggregate production planning. The result of this research is an optimization model of aggregate production planning using linear programming, which is obtained through the integration of linear programming model and aggregate production planning model, with decision variables and parameters covering various production factors to attain a minimum total cost.

Keywords: Aggregate Production Planning, Linear Programming, Optimization, Integration

1. INTRODUCTION

An industry must carry out a production process, to meet customer demands accurately and quickly both in terms of product quantity and quality [1]. If

the amount of production does not match demand, there can be a shortage of products or excess products (stock), which can result in increased inventory costs [2]. To achieve this goal, it is necessary to carry out comprehensive production planning, considering the number of customer requests and the resources or capacity owned by the company. As a first step before carrying out the planning, customer demand data is needed, including the calculation of customer demand for the future period, so that production planning is based on the estimated number of requests [3].

Production planning is planning about the type of product and the amount to be produced in the future period. What needs to be considered in production planning is the achievement of optimization of profits and costs [4]. While the purpose of aggregate planning is to meet customer demand and minimize costs in the planning period. Planning is carried out to meet total needs by using all resources (human and equipment) contained in the company [2]. A plan that is not carried out systematically will have an impact on unfulfilled customer demand due to a shortage of products, which can lead to reduced company profits, or product accumulation in warehouses due to excess products, and resulting in increased inventory costs [4]. For this reason, research is needed to solve this problem.

In line with this description, a comprehensive production plan is needed by considering various factors in production, and through integrating various methods in linear programming.

Consequently, optimization of production costs and profits will be obtained by the company.

The methods used are generally separate calculations between the use of formulas contained in the aggregate and modeling in linear programs, each of which is used to make production plans. In some studies, linear programming has been used for the calculation of aggregate planning. This study includes the aggregate planning obtained by using the formulas in the aggregate planning method and obtained from solving the linear programming model using the variables commonly found in linear programming. From the analysis results, a linear programming model with decision variables and parameters will be obtained which is more suitable for aggregate planning. Thus, in this study, a flow of calculations will be obtained to get a linear program model that is used to design an aggregate plan.

2. MATERIAL AND METHODS

2.1. Production Planning

Production planning is an activity to produce a product according to the needs of the company and customers [5], that is, determining a production plan with minimal costs or maximum profit considering that demand must be met when capacity is available. Demand for each period is a combination of customer orders with the same due date [6]. The fulfillment of customer demand is adjusted to the capacity/resources owned. If the resources are limited, it is necessary to make a priority scale to determine which customer orders are fulfilled. For this reason, it is necessary to carry out integrated production planning. Production planning methods that iterate between planning and scheduling levels to determine the correct values for the parameters of the production planning model have been developed for various production planning problems [7]. Production planning is influenced by the complexity of variables including, the number of products, processes and processing units, storage constraints related to time and quantity, and non-productive, activities that depend on flexible sequences and crews [8].

2.2. Forecasting

Forecasting is a process for predicting future events through the calculation of previously processed data systematically based on a predetermined calculation process [9].

2.3. Linier Programming

Linear programming is a mathematical technique to determine the best allocation of a company's limited resources to achieve optimal goals. It is one of the most widely used optimization techniques and perhaps the most effective method [10]. Linear Programming is an optimization technique for allocating limited resources (covering all production factors, such as machinery, labor, raw materials, capital, available technology), to optimize the objective function (maximizing or minimizing) on a function, the linear objective with equations and linear inequality constraint functions [11]. The problem of resource allocation will arise if there are certain activities that require meeting needs. These problems will be translated into mathematical formulations [12]. In addition, the linear programming technique is an optimization model of resource allocation to achieve efficiency in production planning [13]. Linear programming can be applied to create a production schedule that aims to optimize resources. Linear programming is an operational research technique that is widely used in various management problems [14]. It is a mathematical model that is used to solve problems regarding the determination of several things [15]:

- The amount of input data used in a problem.
- Combination of available input data or combination of output data to be generated.
- The amount of output data produced to achieve the optimization objective of a case, for example, to achieve maximum profit or minimum cost of capital.

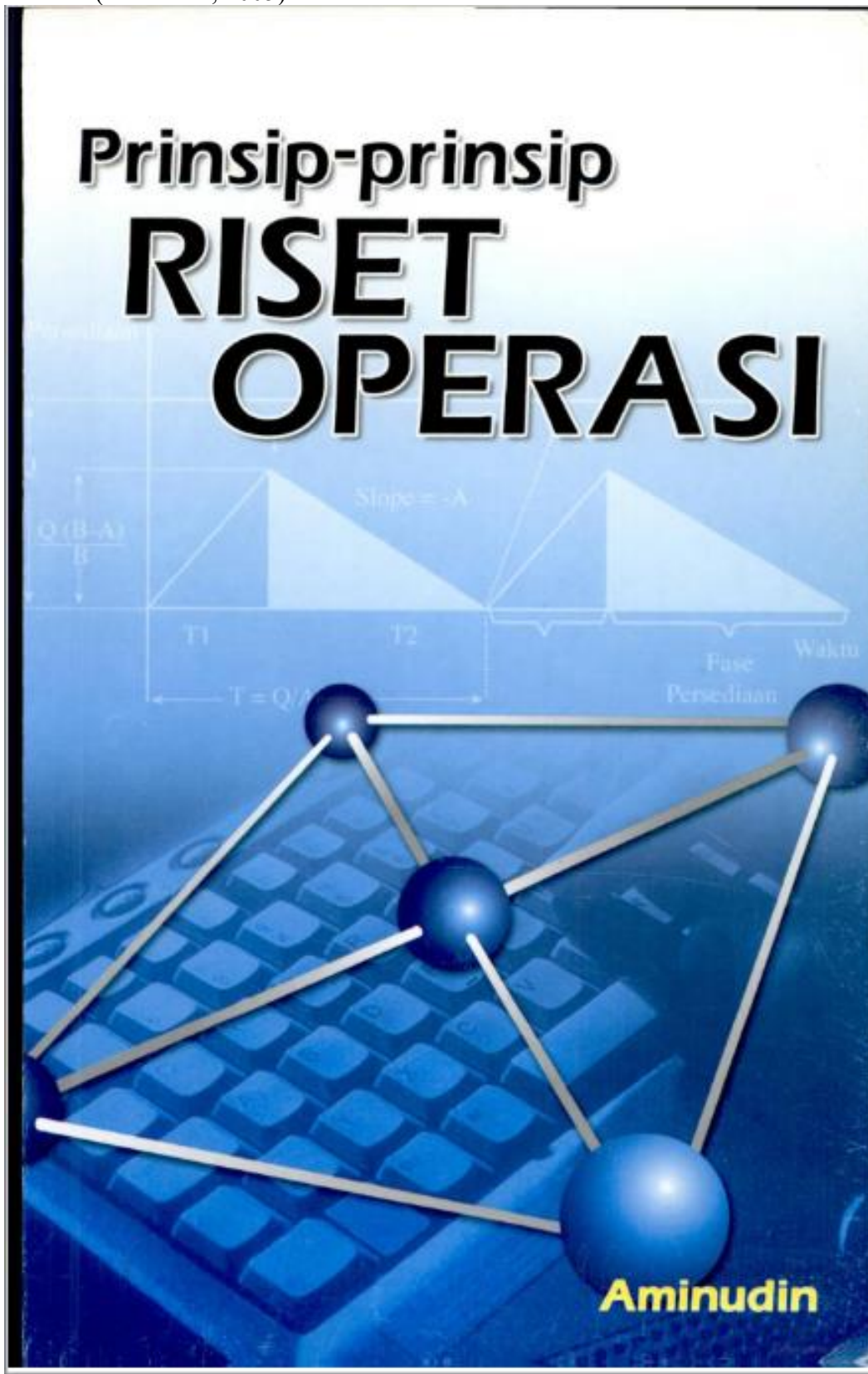
The linear programming model, in general, is [16]:

Optimize (max or min) $Z = c_1x_1 + c_2x_2 + \dots + c_3x_3$

$$\begin{aligned} & \cdot \\ & \cdot \\ & \cdot a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n (\leq, =, \geq) b_1 \\ & a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2n}x_n (\leq, =, \geq) b_2 \\ & \cdot \\ & \cdot a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \dots + a_{mn}x_n (\leq, =, \geq) b_m \end{aligned}$$

The model can also be expressed in the following form:

2. (Aminudin, 2005)



- a. $Z = c_1x_1 + c_2x_2 + c_3x_3 + \dots + c_nx_n$
Setiap pertambahan 1 unit x_1 akan menaikkan Z sebesar c_1 . Setiap pertambahan 1 unit x_2 akan menaikkan Z sebesar c_2 , dan seterusnya.
- b. $a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + a_{13}x_3 + \dots + a_{1n}x_n \leq b_1$
Setiap pertambahan 1 unit x_1 akan menaikkan penggunaan sumber daya/fasilitas ke 1 sebesar a_{11} . Dengan kata lain, setiap ada kenaikan kapasitas riil tidak perlu ada biaya persiapan (*set-up cost*).
2. *Additivity*, berarti nilai tujuan tiap kegiatan tidak saling mempengaruhi, atau dalam program linier dianggap bahwa kenaikan suatu kegiatan dapat ditambahkan tanpa mempengaruhi bagian nilai Z yang diperoleh dari kegiatan lain.
Misal: $Z = 4x_1 + 7x_2$
di mana $x_1 = 30$; $x_2 = 20$ sehingga $Z = 120 + 140 = 260$
Andaikan x_1 bertambah 1 unit, maka sesuai dengan asumsi pertama, nilai Z menjadi $260 + 4 = 264$. Jadi, nilai 4 karena kenaikan x_1 dapat langsung ditambahkan pada nilai Z mula-mula tanpa mengurangi bagian Z yang diperoleh dari kegiatan ke-2 (x_2). Dengan kata lain, tidak ada korelasi antara x_1 dan x_2 .
3. *Divisibility*, berarti keluaran yang dihasilkan oleh setiap kegiatan dapat berupa bilangan pecahan.
Misalkan nilai $Z = 17,5$; $x_1 = 6,1$
4. *Deterministic (certainty)*, berarti bahwa semua parameter (a_{ij} , b_j , c_j) yang terdapat pada program linier dapat diperkirakan dengan pasti, meskipun dalam kenyataannya tidak sama persis.

2.3

PEMECAHAN PERSOALAN PROGRAM LINIER DENGAN MENGGUNAKAN METODE GRAFIK

Metode grafik merupakan salah satu teknik pemecahan model program linier yang hanya memuat dua variabel keputusan.

Langkah-langkah pemecahan dengan metode grafik adalah sebagai berikut:

1. Gambarkan sebuah bidang koordinat dengan kedua variabel sebagai sumbu-sumbu koordinat.



Analisa Optimalisasi Keuntungan dengan *Integer Linear Programming* dan Metode *Branch and Bound* pada Toko Bunga QuinnaStory

Zuserain Ayunda^{1*}, Winarno Winarno², Billy Nugraha³, Ade Momon⁴

^{1,2,3,4} Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Singaperbangsa Karawang, Jl. HS. Ronggo Waluyo, Puseurjaya, Telukjambe Timur, Kabupaten Karawang, Jawa Barat. 4136.

E-mail : zuserainayunda13@gmail.com

ARTICLE INFO

Received: xxx
Revision: xxx
Accepted: xxx

Keywords:

Keywords-1 *Integer Linear Programming*
Keywords-2 *Branch and Bound*
Keywords-3 *Software Lingo*

ABSTRACT

QuinnaStory Flower Shop produces flower buckets with 2 types of sizes, namely small flower buckets and large flower buckets. With current problems in the form of limited resources, lack of automatic cutting machines, manpower and optimization of production planning. This study aims to determine how to solve the search for maximum profit from production. The optimal solution based on the problem at QuinnaStory Flower Shop can be solved by integer linear programming approach. The method used in this research is the simplex method to look for maximum benefits. The results obtained required the production of 36 small flower buckets and 31.5 large flower buckets to obtain a maximum profit of Rp. 2,790,000. - However, the results of product production / day are still in decimal form. Therefore, it is continued with the branch and bound method to find non-decimal results. The result of the settlement is required to produce 36 small flower buckets and 31 large flower buckets / day to get a maximum profit of IDR 2,764,000.

1. INTRODUCTION/ PENDAHULUAN

Persaingan dalam dunia bisnis semakin ketat dikarenakan bertambahnya para pelaku bisnis yang semakin banyak. Dalam kondisi ini menyebabkan banyak pelaku bisnis yang berlomba menjadi paling terdepan dalam bidangnya.

Pelaku bisnis setidaknya harus bisa mengelola sumber daya yang digunakan selama proses produksi secara benar. Hal ini yang bertujuan untuk bisa memperoleh hasil produksi secara optimal [1]. Produksi berfungsi untuk mendeskripsikan kaitan antara *input* (bahan baku) hingga *output* berupa barang atau jasa. Fungsi dari produksi juga menunjukkan seberapa banyak jumlah maksimum pada *output* [2].

Salah satu pelaku bisnis yang masih kurang dalam mengelola sumber daya dengan baik dan benar adalah Toko Bunga QuinnaStory yang berolaksi di Kecamatan Klari, Kabupaten Karawang. Toko tersebut memproduksi *bucket* bunga dengan 2 jenis ukuran yaitu *bucket* bunga kecil dan *bucket* bunga besar.

Keterbatasan sumber daya pada Toko QuinnaStory berupa kurangnya mesin pemotong otomatis, tenaga kerja dan optimasi perencanaan produksi. Hal ini terlihat masih menggunakan asumsi dalam menentukan jumlah produksi/harinya. Selain itu keterbatasan sumber daya berupa mesin dan tenaga kerja sehingga untuk mencapai keuntungan masih kurang maksimal.

Penyelesaian optimal berdasarkan masalah di atas bisa dikembangkan dengan salah satu cara yaitu *linear programming* (program linier). Pemrograman linier adalah metode matematika pada pengalokasian sumber daya dalam jumlah terbatas. Hal ini untuk memperoleh atau mencapai tujuan yaitu memaksimalkan keuntungan dan meminimalkan biaya [3]. *Linear programming* telah diterapkan dalam berbagai bidang dengan permasalahan yang berbeda-beda, salah satunya masalah maksimasi [4]. Metode grafik, simpleks, metode *cutting plane* serta metode *branch and bound* yang dapat menjadi solusi pengoptimalan dalam *linear programming problem* [5].

Besar	1	52.000
-------	---	--------

Tabel 2. Data Kebutuhan dan Ketersediaan Bahan Baku

Bahan Baku	Bucket Bunga		Ketersediaan
	Kecil	Besar	
Box Mika	1 Box	1 Box	120 Box
Preserve Rose	1 Tangkai	2 Tangkai	120 Tangkai
Preserve Cotton	5 Tangkai	8 Tangkai	432 Tangkai
Dried Caspea dan Ice Dollar	3 Tangkai	7 Tangkai	360 Tangkai
Kertas	1 Lembar	2 Lembar	240 Lusin
Sticker	1 Pcs	1 Pcs	120 Pcs

Tabel 3. Data Waktu Proses Produksi dan Ketersediaan

Proses Produksi	Bucket Bunga		Ketersediaan
	Kecil	Besar	
Memotong	1 Tangkai Detik	1 Tangkai Detik	1 Detik
Wrapping	30 Detik	30 Detik	30 Detik
Finishing	45 Detik	50 Detik	45 Detik
Total	85 Detik	130 Detik	300 Detik

Untuk memproduksi *bucket* bunga kecil dibutuhkan 1 *box* mika, 1 tangkai *preserve rose*, 5 tangkai *preserve cotton*, 1 lembar kertas, 1 pcs *sticker*, 3 tangkai campuran dari *dried caspea* dan *ice dollar* dengan jumlah waktu produksi selama 85 detik atau 0,024 jam. Sedangkan untuk *bucket* bunga besar dibutuhkan 1 *box* mika, 2 tangkai *preserve rose*, 8 tangkai *preserve cotton*, 2 lembar kertas, 1 pcs *sticker*, 7 tangkai campuran dari *dried caspea* dan *ice dollar* dengan jumlah waktu produksi selama 130 detik atau 0,036 jam. Persediaan bahan baku dan waktu produksi untuk setiap jenis produknya yaitu 120 *box* mika, 120 tangkai *preserve rose*, 432 tangkai *preserve cotton*, 240 lembar Kertas, 120 pcs *sticker*, 360 tangkai campuran dari *dried caspea* dan *ice dollar* dengan jumlah waktu proses produksi 5 jam. Keuntungan yang diperoleh masing-masing sebanyak Rp.32.000 untuk satu *bucket* bunga kecil dan Rp.52.000 untuk satu *bucket* bunga besar

Data di atas merupakan hasil observasi penelitian dan akan dilakukan proses perhitungan. Parameter penelitian dimaksudkan untuk mengetahui tingkat penyelesaian. Hasil yang sudah dilakukan perhitungan dengan menggunakan model ILP atau *integer linear programming* metode *branch and bound* dan model penugasan atau *assignment* metode *hungarian*. Selanjutnya data di atas akan dilakukan analisis untuk menyesuaikan dengan tujuan penelitian dan mengukur parameter keberhasilan analisis yang dilakukan. Selain itu dapat dikatakan sebagai solusi layak sebagai jarak terdekat atau sebaliknya. Pengelompokan data sesuai dengan data yang diperoleh dalam penelitian ini, yaitu dibagi dalam bentuk data untuk *integer linear programming*. Karena data tersebut akan dilakukan

pengolahan data atau perhitungan untuk menganalisis solusi optimal dari keuntungan pada Toko Bunga QuinnaStory. Selanjutnya analisis dilakukan pada data yang didapatkan dari hasil wawancara serta pengelompokan untuk mengetahui kecukupannya. Jika tidak dilakukan adanya modifikasi data berdasarkan data yang telah didapatkan.

Metode Integer Linear Programming

Fungsi tujuan dari metode *integer linear programming* adalah memaksimalkan keuntungan pada UMKM tersebut. Variabel pada penelitian ini berupa bahan baku dan waktu proses produksi. Melakukan perhitungan dengan menggunakan metode *simpleks* untuk menentukan solusi layak awal. Melanjutkan perhitungan iterasi 2 yang bertujuan untuk menentukan solusi optimal atau layak. Jika hasil akhir pada baris C_j sudah bernilai tidak positif (-), maka solusi optimal telah didapatkan. Adapun rumus yang digunakan dalam perhitungan yaitu:

$$\frac{E}{\text{Elemen Pivotal}} \times \text{Basis Lama} \quad \text{dan} \quad - \left(\frac{\text{Variabel Masuk}}{\text{Elemen Pivotal}} \right) \times \text{Variabel Keluar} + \text{Basis Lama}$$

Hasil dapat dikatakan optimal apabila hasil dari basis C_j yang didapatkan yaitu sudah bernilai tak positif (-) karena kasus penelitian ini yaitu maksimasi.

Metode Branch and Bound

Adapun berbagai Langkah atau tahapan dalam menggunakan metode *branch and bound* sebagai berikut:

1. Menyelesaikan permasalahan pada *linear programming* dengan cara atau metode *simpleks* biasa.
2. Meneliti atau mencari penyelesaian solusi yang optimal, jika nilai variabel basis yang sesuai dengan harapan dalam bentuk bulat adalah bentuk bulat. Maka artinya penyelesaian solusi optimum bulat sudah sesuai dengan yang diharapkan atau berhasil dicapai.
3. Nilai pada solusi pecahan dikategorikan secara layak dicabangkan ke dalam sebuah sub-bab masalah. Bertujuan untuk menghapus solusi kontinyu yang tidak termasuk dalam memenuhi kriteria solusi bulat pada permasalahan tersebut.
4. Pada masing-masing sub-bab masalah, nilai pada solusi yang optimum kontinyu fungsi tujuannya bisa ditetapkan selaku batasan atas. Kemudian solusi bulat yang terbaik menjadi Batasan bawah tidak termasuk perhitungan pada analisis yang dilakukan selanjutnya. Sebuah solusi bulat yang layak adalah sama saja baiknya ataupun lebih baik dibandingkan batasan atas untuk setiap sub-bab masalah yang dicari. Jika solusi yang demikian terjadi, suatu sub-bab masalah dengan Batasan atas yang terbaik dipilih untuk dicabangkan. Selanjutnya untuk kembali lagi kepada langkah ke-3.

Dengan menggunakan model penyelesaian ini bisa disesuaikan dengan berbagai macam bentuk penyelesaian *integer linear programming*. Metode *branch and bound* ini dapat digunakan dan diselesaikan dengan baik. Selain itu sesuai untuk menentukan hasil dalam membahas dengan baik. Menggunakan metode *branch and bound* juga dapat dikatakan sesuai dengan proses prosedur yang dijadikan bentuk dan hasil dalam



A survey on the Artificial Bee Colony algorithm variants for binary, integer and mixed integer programming problems



Bahriye Akay^{a,*}, Dervis Karaboga^{a,b}, Beyza Gorkemli^a, Ebubekir Kaya^c

^a Erciyes University, Department of Computer Engineering, Kayseri, Turkey

^b King Abdulaziz University, Department of Information Systems, Jeddah, Saudi Arabia

^c Nevsehir Hacı Bektaş Veli University, Department of Computer Engineering, Nevsehir, Turkey

ARTICLE INFO

Article history:

Received 27 December 2020

Received in revised form 2 March 2021

Accepted 19 March 2021

Available online 26 March 2021

Keywords:

Artificial Bee Colony
Discrete optimization
Binary optimization
Integer programming
Mixed-integer programming

ABSTRACT

Most of the optimization problems encountered in the real world are discrete type which involves decision variables defined in the discrete search space. Binary optimization problems, integer and mixed integer programming problems are of this category, and they require suitable solution representation and search operators to be solved by nature-inspired algorithms. One of the widely-used and well-known nature-inspired algorithms is Artificial Bee Colony (ABC) that has been originally proposed to solve the problems in the continuous domain, and hence, its standard version employs the search operators to exploit the information of the solution vectors encoded in the continuous domain. To be able to cope with the discrete problems, particularly binary, integer and mixed integer programming problems, which are also a group of numeric optimization problems, various encoding types, search operators and selection operators have been integrated into ABC. In this paper, we review the studies proposing new ABC variants to solve discrete numeric optimization problems. To the best of our knowledge, this will be the first comprehensive survey study on this topic. Therefore, we hope that this study would be beneficial to the readers interested in the use of ABC for the binary, integer and mixed integer discrete optimization problems.

© 2021 Elsevier B.V. All rights reserved.

1. Introduction

As a subgroup of nature-inspired algorithms, swarm intelligence attempts to develop algorithms which simulate collective and cooperative behavior of creatures living in a swarm or colony form. The collective behavior arises based on micro-level synergy between agents without any macro-level supervision. Each agent organizes itself according to the synergy and communication between agents and environmental conditions. This self-organization is characterized by positive feedback that repeats the effective patterns, negative feedback that abandons the frequent patterns to avoid saturation, fluctuation that brings diversity into swarm, and multiple interactions achieved by the direct and indirect communication among agents. Several swarm intelligence algorithms have been described and introduced into the literature in the last three decades such as Particle Swarm Optimization (PSO) [1], Ant Colony Optimization (ACO) [2], Artificial Bee Colony (ABC) [3], Firefly Algorithm (FA) [4], Bacterial Foraging Algorithm (BFA) [5], Cuckoo Search (CS) [6], Glowworm Swarm

Optimization (GSO) [7], Gray Wolf Optimization (GWO) [8], Bees Algorithm (BA) [9], Bat Algorithm (BAT) [10] and Honey Bee Mating Optimization (HBMO) [11]. According to the Google Scholar search (November, 2020), the numbers of studies related with these swarm intelligence algorithms are 389000, 187000, 50400, 26800, 5500, 26200, 44, 1440, 6400, 11200 and 3450 for PSO, ACO, ABC, FA, BFA, CS, GSO, GWO, BA, BAT and HBMO, respectively. The percentage of the studies with respect to the swarm intelligence algorithms considered is shown in Fig. 1. As seen from Fig. 1, among these swarm algorithms, PSO and ACO are in the first and second places, respectively. ABC which was proposed in 2005 is in the third place of the list because it is relatively younger compared to ACO and PSO, which were proposed in 1992 and 1994, respectively. It can be clearly seen that the ABC algorithm is one of the most widely used swarm intelligence algorithms in the studies.

ABC simulates the collective intelligence in a honey bee colony during foraging task that aims to maximize nectar amount loaded to the hive. In the foraging, the forager bees are assigned to specific tasks within a division of labor. The forager bees are mainly classified into three types: employed bees, onlooker bees and scout bees. Each employed bee memorizes the location of her food source discovered and unloads its nectar to the hive

* Corresponding author.

E-mail addresses: bahriye@erciyes.edu.tr (B. Akay), karaboga@erciyes.edu.tr (D. Karaboga), bgorkemli@erciyes.edu.tr (B. Gorkemli), ebubekir@nevsehir.edu.tr (E. Kaya).

<https://doi.org/10.1016/j.asoc.2021.107351>
1568-4946/© 2021 Elsevier B.V. All rights reserved.

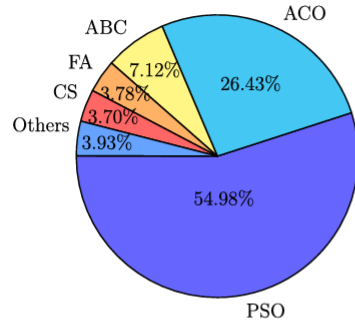


Fig. 1. The percentage of the studies related with the popular swarm intelligence algorithms.

(exploitation). They communicate with other bees (multiple interactions) waiting in the hive, so called onlooker bees. This communication is achieved by dances of the employed bees and recruits the onlooker bees to profitable sources (positive feedback). When the source exploited by an employed bee is exhausted, this source is abandoned (negative feedback) and its employed bee becomes a scout bee to explore a new rich source unvisited before (fluctuation). The ABC algorithm performs exploitation and exploration in the search space by the employed bee, onlooker bee and scout bee phases. The local search and global search abilities of ABC are balanced by positive feedback, negative feedback, fluctuations and multiple interactions properties. Power of the good balance between intensification and diversification has yielded very successful applications of ABC in many research fields [12–18], including unconstrained, constrained, continuous, combinatorial, discrete problems. As many nature-inspired optimization algorithms, the ABC algorithm has been initially proposed for solving continuous optimization problems. To solve the problems defined in discrete space, ABC has been modified to handle with discrete parameters. As known, discrete type optimization problems are classified into several subgroups such as binary, integer and combinatorial. From these, binary, integer and mixed integer groups are also a subgroup of numerical optimization problems and quite different from combinatorial types. In other words, the decision variables of these problems take numeric values such as binary, integer or both of them. Most of the optimization problems arising in many areas fall into this class, and the ABC algorithm has been successfully used to solve these problems, as well [19]. However, to the best of our knowledge, there is no published survey study reviewing the publications related to the use of ABC to solve numerical discrete optimization problems. It is quite clear that a good survey on this topic would be very beneficial to the researchers interested in ABC and its use in these types of problems. Therefore, the purpose of this study is to prepare a comprehensive survey on the variants of ABC, which integrate new representation schemes and search operators into the algorithm. Some constructive heuristics in the initialization phase and new solution production mechanisms have been also incorporated to enhance the convergence rate of the algorithm. Related to these modifications and applications, this paper aims to answer the research questions given below:

- What kind of discrete problems has ABC been applied to?
- Which cost functions and constraints have been involved to guide the search by ABC in discrete domain?

- What type of encoding schemes have been employed to represent solutions in ABC for discrete problems?
- Which operators have been used to evolve solutions represented by the specific encodings?
- How the experiments were validated?
- What are the pros and cons of the approaches?
- What are the future directions related to considered discrete ABC variants?

To be able to answer the questions, we reviewed the studies in the literature in June 2019. Our inclusion criteria is established on keywords (integer, binary, discrete, mixed integer, artificial bee colony), databases indexed (Web of Science, IEE-Explore, Springer, Science Direct, Scopus, Google Scholar), publication type (published articles, conference papers, books and book chapters), publication time (starting from 2005 when ABC was proposed and June 2019), the language of the publication (papers written in English and Turkish). We excluded the studies written in the other languages that we could not understand and the studies of which fulltext cannot be accessed. We categorized these studies according to the problem types handled and next we grouped them depending on the type of decision variables in the problems, including binary, integer and mixed integer programming problems. We excluded combinatorial type problems because they use different search characteristics and operators. In the group of binary problems, we considered knapsack, allocation, propositional satisfiability and constraint satisfaction, facility location, feature/attribute space reduction, minimum spanning tree construction, portfolio selection, set covering, unit commitment, bike positioning, satellite technology problems. When there is only one study with a related problem type, it is given in other problems section. In the group of integer programming problems, we reviewed the problems in the communication field, weapon target assignment and some other problems. In the group of mixed integer programming problems, distributions systems, manufacturing production, service composition, software testing, structural optimization and other problem types were investigated.

The rest of the paper is organized as follows. In Section 2, the basic ABC algorithm is presented and described. Sections 3–5 review the studies using ABC algorithm for solving binary, integer and mixed integer problems, respectively. Section 6 presents the summary and discussion about the pros and cons of the approaches and some future directions to fill these gaps. Section 7 is dedicated to the conclusion.

2. Artificial bee colony algorithm

Artificial Bee Colony (ABC) [3] establishes an analogy between the foraging behavior of real honey bee colony and the search for optimal solutions of an optimization problem in the space of solutions which correspond to the food source locations around the hive. As a real honey bee colony has specified bees allocated during foraging, the ABC algorithm has three phases corresponding to these bees: employed bees, onlooker bees and scout bees. The aim of the ABC algorithm is finding the most profitable (fittest) solution in the search space for the problem. The pseudo-code of the basic ABC algorithm is given in Algorithm 1.

ABC starts with assigning values to its control parameters, including the number of solutions (SN), the maximum number of cycles (MNC) or evaluations as termination criterion and the abandonment criteria to leave a food source being exploited, such as a maximum number of exploitations, called *limit*. The first foraging cycle begins with assigning food source positions randomly for the initial scout bees by Eq. (1):

$$x_i^j = x_{min}^j + \text{rand}[0, 1](x_{max}^j - x_{min}^j) \quad (1)$$

5. (Febrianti & Harahap, 2021)

Penggunaan Aplikasi MATLAB Dalam Pembelajaran Program Linear

The Use of MATLAB Applications in Linear Programming Learning

Tia Febrianti, Erwin Harahap

Program Studi Matematika, FMIPA, Universitas Islam Bandung, Indonesia

tiaf@unisba.onmicrosoft.com, erwin2h@unisba.ac.id

Abstrak. Program linear adalah ilmu Matematika yang dapat diterapkan dalam kehidupan sehari-hari karena memiliki banyak manfaatnya. Penggunaan aplikasi dalam pembelajaran program linear dapat membantu menyelesaikan permasalahan-permasalahan yang sederhana hingga kompleks. Aplikasi dapat dimanfaatkan untuk meningkatkan kecepatan, dan keakuratan dalam berbagai perhitungan dalam penyelesaian persoalan program linear. Artikel ini bertujuan untuk membantu pembelajaran program linear dengan menggunakan aplikasi MATLAB. Aplikasi MATLAB dapat menyelesaikan permasalahan program linear dengan dua alternatif. Pertama, penyelesaian program linear di *command window* dan dibantu oleh beberapa formula yang dapat digunakan. Kedua, menggunakan *Optimtool*. Dalam penelitian ini, dibahas teori-teori tentang program linear dan cara penggunaan MATLAB dalam menyelesaikan permasalahan program linear.

Kata kunci: Matematika, Program Linear, MATLAB

Abstract. Linear program is a science of Mathematics that can be applied in everyday life because it has many benefits. The use of applications in learning linear programming can help solve problems that are simple to complex. Applications can be used to increase speed, and accuracy in various calculations in solving linear program problems. This article aims to help learning linear programs using the MATLAB application. The MATLAB application can solve linear programming problems with two alternatives. First, the completion of the linear program in the *command window* and is assisted by several formulas that can be used. Second, use *Optimtool*. In this research, theories about linear programming are discussed and how to use MATLAB in solving linear program problems.

Keywords: Mathematics, Linear programming, MATLAB

1. Pendahuluan

Seiring perkembangan zaman membawa dampak yang dapat merubah segala hal. Teknologi yang saat itu masih menggunakan mesin tik kini beralih dengan sebuah benda yang dinamakan komputer. Dengan keberadaan komputer ini tentunya tidak akan disia-siakan manfaatnya oleh berbagai pihak. Manfaat yang diberikan dengan adanya komputer memberikan kemudahan bagi berbagai pihak yang membutuhkannya. Seperti seorang IT tidak dapat dipisahkan dengan keberadaan fungsi komputer dalam mencari berbagai informasi. Begitu pula tenaga kerja yang bekerja dalam bidang pendidikan memanfaatkan komputer dalam menunjang sarana pendidikan.

Seiring dengan berkembangnya komputer maka berkembang pula dunia pendidikan. Tidak sedikit permasalahan-permasalahan muncul pada pendidikan yang dapat diselesaikan dengan cara manual. Banyak program aplikasi atau perangkat lunak yang dapat digunakan untuk menyelesaikan permasalahan mulai yang dari sederhana hingga kompleks, khususnya permasalahan dalam ilmu Matematika seperti aplikasi GeoGebra [1], Microsoft Excel [2,3], QM For Windows [4], Speq Mathematics [5], SPSS [6], SimEvents [7-10] dan lain-lain [11,12]. Penggunaan aplikasi yang tepat mampu mendukung pembelajaran matematika, dalam hal ini topik program linear. Salah satu aplikasi yang dapat digunakan untuk mendukung pembelajaran program linear yaitu *Matrix Laboratory* (MATLAB). Program ini dapat dimanfaatkan untuk meningkatkan kecepatan dan keakuratan dalam berbagai perhitungan dalam penyelesaian persoalan program linear [13].

6. (Junianti & John, 2022)

Emmy Junianti, John EHJ FoEh

($i = 1, 2, \dots, n$)

Z = nilai yang dimaksimalkan (maksimal ataupun minimal)

C_j = nilai Z naik jika terdapat penambahan tingkat aktivitas

(x_j) = kesatuan/unit atau sebagai sumbangan tiap satuan output aktivitas ke nilai Z.

Tabel 1. Data untuk model linear programming

Sumber	Kejatan	Penggunaan sumber per unit aktivitas (keluaran)				Kapasitas Sumber
		1	2	3	...n	
1		a ₁₁	a ₂₁	a ₃₁	...a _{1n}	b ₁
2		a ₂₁	a ₂₂	a ₂₃	...a _{2n}	b ₂
3		a ₃₁	a ₃₂	a ₃₃	...a _{3n}	b ₃
...	
m		a _{m1}	a _{m2}	a _{m3}	...a _{mn}	b _m
ΔZ penambahan tiap unit		C ₁	C ₂	C ₃	...C _N	
Tingkat Aktivitas		X ₁	X ₂	X ₃	...X _n	

Sumber: Hasil Penelitian (2022)

Fungsi Tujuan: Maksimalkan $Z = C_1X_1 + C_2X_2 + C_3X_3 + \dots + C_nX_n$

Batasannya:

$$a_{11}X_1 + a_{12}X_2 + a_{13}X_3 + \dots + a_{1n}X_n \leq b_1$$

$$a_{21}X_1 + a_{22}X_2 + a_{23}X_3 + \dots + a_{2n}X_n \leq b_2$$

$$m) a_{m1}X_1 + a_{m2}X_2 + a_{m3}X_3 + \dots + a_{mn}X_n \leq b_m$$

$$\text{dan } X_1 \geq 0, X_2 \geq 0, \dots, X_n \geq 0$$

Asumsi dasar program linear, karakteristik model program linear, yaitu mendapat dukungan dari bermacam anggapan yang dijadikan faktor paling mendasar bagi model itu (Masudin et al., 2018). Asumsi itu, seperti: **a) Proportionality**, menjelaskan bila kenaikan atau penurunan nilai z, serta pemakaian faktor produksi bisa mengalami perubahan yang proporsional dengan tingkat aktivitas yang berubah pula; **b) Additivity**, menjelaskan bila nilai tujuan di setiap aktivitas tidak sama-sama memengaruhi atau pada program linear diasumsikan peningkatan nilai tujuan akibat peningkatan aktivitas yang bisa dikembangkan tanpa berdampak pada nilai z yang didapat melalui aktivitas lainnya.

Divisibility, menjelaskan bila hasil dari aktivitas bisa berwujud bilangan pecahan, termasuk nilai Z yang diperoleh. **Deterministic (certainty)**, menjabarkan bila indikator pada model program linear (a_{ij} , d_j , c_j) bisa dipertimbangkan secara pasti, kendati tidak sering dipergunakan secara tepat. **Integer programming** ialah program linear bervariasi dengan tipe integer. **Integer programming** berguna sebagai prosedur pemodelan masalah dengan variabel yang tidak berwujud bilangan yang tidak bulat, misalnya variabel yang menggambarkan jumlah orang, sebab jumlah orang tentunya akan bulat dan tidak berwujud pecahan (Arma & Abadi, 2020). QM atau metode kuantitatif ialah software dengan buku teks terkait manajemen operasi. QM for Windows ialah penggabungan dari program sebelumnya, yaitu DM maupun POW for Windows. Bila

OPTIMALISASI PRODUKSI TAHU MENGGUNAKAN METODE *BRANCH AND BOUND* DAN *CUTTING PLANE*

Fatimah Khilaliyah Azzahrha¹, Rianita Puspa Sari^{2*}, Muhamad Dhika Rahma Fauzi³
Program Studi Teknik Industri, Universitas Singaperbangsa Karawang^{1,2,3}
1810631140009@student.unsika.ac.id¹, rianita.puspasari@ft.unsika.ac.id²,
1810631140104@student.unsika.ac.id³

Submitted September 23, 2021; Revised December 3, 2021; Accepted December 3, 2021

Abstrak

Kegiatan alokasi sumber daya pada proses produksi merupakan hal penting yang perlu diperhatikan untuk mencapai tingkat produksi optimal. Permasalahan optimalisasi produksi masih menjadi kendala bagi sebagian besar usaha yang bergerak di bidang makanan. Salah satunya, Pabrik Tahu Pak Yayat yang memproduksi dua jenis tahu, yaitu tahu putih dan tahu kuning. Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan jumlah produksi tahu melalui alokasi sumber daya yang tepat untuk mencapai keuntungan usaha yang maksimum. Metode yang digunakan adalah metode *branch and bound* dan *cutting plane*. Teknik pengambilan sampel dilakukan dengan *purposive sampling*. Hasil penelitian metode *branch and bound* diperoleh kombinasi produksi 36 papan tahu putih dan 75 papan tahu kuning yang memberikan keuntungan maksimum Rp.1.872.000,00. Sedangkan metode *cutting plane* diperoleh hasil kombinasi produk 37 papan tahu putih dan 75 papan tahu kuning dengan keuntungan Rp.1.886.500,00. Dapat disimpulkan bahwa metode *cutting plane* memberikan hasil yang optimal dengan keuntungan yang maksimum dibandingkan *branch and bound*. Pada penelitian ini, *software* lingo digunakan untuk mempermudah proses pengolahan data serta membandingkan hasil perhitungan antara *manual* dan *software* untuk menghindari kesalahan perhitungan.

Kata Kunci : *Branch and Bound, Cutting Plane, Purposive Sampling, Lingo*

Abstract

Resource allocation activities in the production process are important things need to be considered to achieve optimal production levels. The problem of optimizing production is still an obstacle for most businesses engaged in the food sector. One of them, Pak Yayat's Tofu Factory, produces two types of tofu, that is white tofu and yellow tofu. This study aims to optimize the amount of tofu production through the allocation of appropriate resources to achieve maximum profits. The method used is the branch and bound method and cutting plane. The sampling technique was done by purposive sampling. The results of the research using the branch and bound method obtained a combination of production of 36 white tofu boards and 75 yellow tofu boards which gave a maximum profit of Rp.1,872,000.00. While the cutting plane method results in a combination of 37 white tofu boards and 75 yellow tofu boards with a profit of Rp.1,886,500.00. It can be concluded that the cutting plane method provides optimal results with maximum profit compared to branch and bound. In this study, lingo software is used to simplify the data processing process and compare the results of calculations between manual and software to avoid calculation errors.

Key Words : *Branch and Bound, Cutting Plane, Purposive Sampling, Lingo*

1. PENDAHULUAN

Kegiatan produksi erat kaitannya dilakukan pada sebuah usaha, khususnya di bidang makanan. Kegiatan produksi dimulai dari *input* yang melibatkan berbagai macam bahan baku sampai menghasilkan *output*, yaitu berupa barang

ataupun jasa yang memiliki nilai guna untuk dapat memenuhi kebutuhan [1]. Pengelolaan dan penggunaan sumber daya pada proses produksi, perlu dilakukan dengan baik oleh pelaku usaha agar tercapainya hasil produksi yang optimal dan efisien [2]. Tingkat produksi yang

digunakan. Teknik pengambilan sampel menggunakan *purposive sampling* dikarenakan objek penelitian dipilih berdasarkan pertimbangan peneliti. Pada pengolahan data menggunakan metode *branch and bound* dan *cutting plane*.

3. Metode Simpleks

Langkah-Langkah Metode Simpleks dalam masalah maksimasi yaitu [5]:

- Mengganti fungsi tujuan serta kendala ke bentuk baku dan menambahkan variabel *slack* pada semua fungsi kendala dan fungsi tujuan.
- Membuat tabel awal metode simpleks
- Memilih kolom kunci yang memiliki fungsi tujuan dengan nilai terbesar.
- Memilih baris kunci.
- Mengubah nilai yang ada pada baris kunci.
- Mengubah nilai-nilai selain baris kunci, sehingga nilai yang ada pada baris kunci bernilai=0.
- Melanjutkan iterasi atau perbaikan sehingga nilai yang ada pada baris *z* sudah bernilai tak negatif.
- Memperoleh solusi optimal dengan berdasarkan nilai pada masing-masing baris untuk setiap variabel keputusan (*b_i*).

4. Metode Branch and Bound

Metode *branch and bound* merupakan metode yang membagi masalah kedalam sub masalah (*branching*) dengan menambahkan batasan baru (*bound*). Langkah-langkah dalam metode *branch and bound* yaitu [11]:

- Langkah pertama selesaikan masalah *Integer Linear Programming* (ILP) dan menganggap masalah tersebut sebagai *Linear Programming* (LP). Selesaikan masalah tersebut menggunakan metode simpleks.

- Apabila sudah mendapatkan solusi optimal dan hasil tersebut bernilai *integer* pada LP, maka hasil tersebut juga merupakan solusi optimal dari ILP. Namun, jika solusi dari variabel keputusan bernilai pecahan, maka dari salah satu variabel dipilih dan dibuat percabangan untuk mendapatkan sub-masalah ILP.

- Selanjutnya, kembali ke langkah awal dan selesaikan masalah tersebut dan tentukan sub-masalah dengan nilai tertinggi (*upper bound*)

- Jika solusi *upper bound* sub-masalah belum menghasilkan nilai *integer*, lakukan percabangan kemudian selesaikan seperti langkah pada poin c.

5. Metode Cutting Plane

Langkah-langkah penyelesaian metode *cutting plane* yaitu [5]:

- Menyelesaikan permasalahan ILP menggunakan metode simpleks.
- Apabila solusi yang dihasilkan dari langkah pertama bernilai pecahan, maka dilanjutkan memilih sembarang baris dari tabel akhir metode simpleks dengan nilai *b* pecahan terbesar. Hal ini dilakukan untuk mempercepat iterasi.
- Pada baris yang telah dipilih, tambahkan kendala seperti pada persamaan di bawah ini:

$$Sg_i - \sum_{j=1}^n \binom{n}{k} f_{ij} x_j = -f_i \quad (1)$$

Sg_i : Kendala *gomory* ke-*i*

f_{ij} : Pecahan dalam *a_{ij}*

f_i : Pecahan dalam *b_i*

- Selesaikan metode *cutting plane* menggunakan dual simpleks.

6. Aplikasi Lingo

Aplikasi Lingo digunakan untuk membandingkan hasil perhitungan yang diperoleh secara *manual* data.

Penerapan Program Linear dalam Memaksimalkan Laba Pedagang Jus Buah

Implementation of Linear Programming in Maximizing Profits of Fruit Juice Trader

Adelia Puja¹, Ahmad Fu'adin², Aliyah Azahara³, Ihsan Hari⁴,
 Mohammad Hafizh⁵, Resyqa Salsa⁶

^{1,3,4,5,6}Program Studi Matematika, FPMIPA, Universitas Pendidikan Indonesia

²Departemen Pendidikan Umum, FPIPS, Universitas Pendidikan Indonesia

adeliajph@upi.edu, ahmadfuadin@upi.edu, aliyahazahara@upi.edu, ihsan37@upi.edu,
 hafizh.efridas104@upi.edu, resyqasalsa@upi.edu

Abstrak. Program linear adalah salah satu cabang ilmu Matematika yang dapat diterapkan dalam kehidupan sehari-hari karena memiliki banyak kegunaan. Program linear dapat membantu dalam menyelesaikan masalah sehari-hari, mulai dari yang dasar hingga kompleks. Seperti halnya dalam berdagang, para pedagang masih memproduksi jus sesuai dengan rata-rata pesanan konsumen tiap hari. Padahal, penggunaan modal dan bahan dasar yang tepat sasaran akan membuat usaha mereka menjadi lebih berkembang. Artikel ini bertujuan untuk mengaplikasikan penggunaan program linear dalam menentukan perolehan keuntungan maksimal yang bisa didapat para pedagang jus buah. Dalam hal ini para pedagang jus buah bisa menggunakan program linear melalui cara penyelesaian metode grafik sebagai salah satu alternatif solusi dalam menentukan perolehan keuntungan maksimal yang bisa didapat. Adapun salah satu aplikasi yang dapat membantu dalam menghitung keuntungan maksimal melalui cara metode grafik adalah GeoGebra. Oleh karena itu, aplikasi GeoGebra dapat digunakan oleh para pedagang jus buah sebagai salah satu alat bantu untuk menghitung perolehan keuntungan yang maksimal.

Kata kunci: matematika, program linear, pedagang jus buah, keuntungan maksimal, geogebra.

Abstract. Linear programming is one of the branches of Mathematics that can be applied in everyday life because it has many uses. Linear programs can help in solving everyday problems, from the basic to the complex. As is the case in trading, traders still produce juice according to the average consumer order every day. Whereas, the use of capital and basic materials that are right on target will make their business more developed. This article aims to apply the use of linear programs in determining the maximum profit that can be obtained by fruit juice traders. In this case, fruit juice traders can use linear programs through solving the graph method as an alternative solution to determine the maximum profit that can be obtained. One of the applications that can help in calculating the maximum profit through the graph method is GeoGebra. Therefore, the GeoGebra application can be used by fruit juice traders as a tool to calculate the maximum profit.

Keywords: mathematics, linear programming, fruit juice trader, maximum profit, geogebra.

1. Pendahuluan

Indonesia memiliki beragam sumber daya alam. Selain itu, Indonesia juga memiliki jumlah penduduk yang banyak. Letaknya yang berada di garis khatulistiwa menjadikan wilayah Indonesia memiliki kelebihan dalam sektor agraris. Salah satu bahan baku yang banyak diproduksi adalah buah-buahan. Buah merupakan sumber berbagai vitamin, mineral dan serat pangan [1]. Adanya hal tersebut mengakibatkan munculnya beragam ide usaha berbahan dasar buah-buahan, salah satunya berdagang jus buah. Jus buah atau sari buah (berasal dari bahasa Inggris *juice*, lebih spesifiknya *fruit juice*) merupakan cairan yang terdapat secara alami di dalam buah-buahan [2]. Minuman jus atau sari buah merupakan produk olahan buah yang dibuat dengan satu atau dua jenis buah. Para pedagang menjual beberapa jenis jus, diantaranya jus mangga, jus apel, jus alpukat, jus stroberi, jus durian, jus sirsak, jus buah naga, jus pepaya, jus jambu, dan sebagainya. Pada artikel ini, peneliti mengambil dua jenis jus yang akan dibahas, yaitu jus stroberi dan jus apel.

Namun, kebanyakan pedagang jus buah masih kebingungan dalam menentukan keuntungan maksimal, berhubung persediaan bahan dasar produksi dan modalnya terbatas serta belum tahu cara

memaksimalkannya. Para pedagang masih memproduksi jus sesuai dengan rata-rata pesanan konsumen tiap hari, sehingga akan berdampak pada penggunaan bahan dasar dan modal secara tidak efisien. Padahal, penggunaan modal yang tepat sasaran akan membuat usaha mereka menjadi lebih berkembang. Dengan adanya permasalahan tersebut, kami dapat menganalisis perencanaan produksi setiap jenis jus buah, dalam hal ini analisisnya berbentuk jumlah bahan baku jus yang tersedia, modal untuk jus yang ada, jumlah jus yang diharapkan terjual, dan keuntungan yang diperoleh dari satu botol jus untuk membantu para pedagang dalam menentukan keuntungan maksimal agar menggunakan bahan produksi dan modal secara efektif.

Hal ini menimbulkan kesenjangan antara penerapan program linear yang seharusnya dan apa yang terjadi di lapangan. Oleh sebab itu, peneliti mengangkat peristiwa tersebut sebagai masalah penelitian. Masalah yang diidentifikasi adalah bagaimana memanfaatkan program linear agar dapat menjadi alat bantu dalam memaksimalkan keuntungan pedagang jus buah, dimana ilmu ini membahas masalah yang berkaitan dengan optimasi, yaitu tujuan maksimal yang akan dicapai sesuai dengan tingkat pencapaian yang dibatasi oleh ketersediaan bahan baku dan modal [3].

Oleh karena itu, untuk memaksimalkan produksi dari penjualan jus ini, ilmu program linear digunakan, dimana ilmu ini membahas tentang metode penentuan nilai optimum dari suatu persoalan linear [4]. Program linear memiliki batasan, kendala, dan persyaratan persoalan linear yang berupa sistem pertidaksamaan. Penyelesaian pada program linear dapat dilakukan dengan berbagai metode, seperti metode simpleks, karmarkar, grafik, dan lain-lain [5].

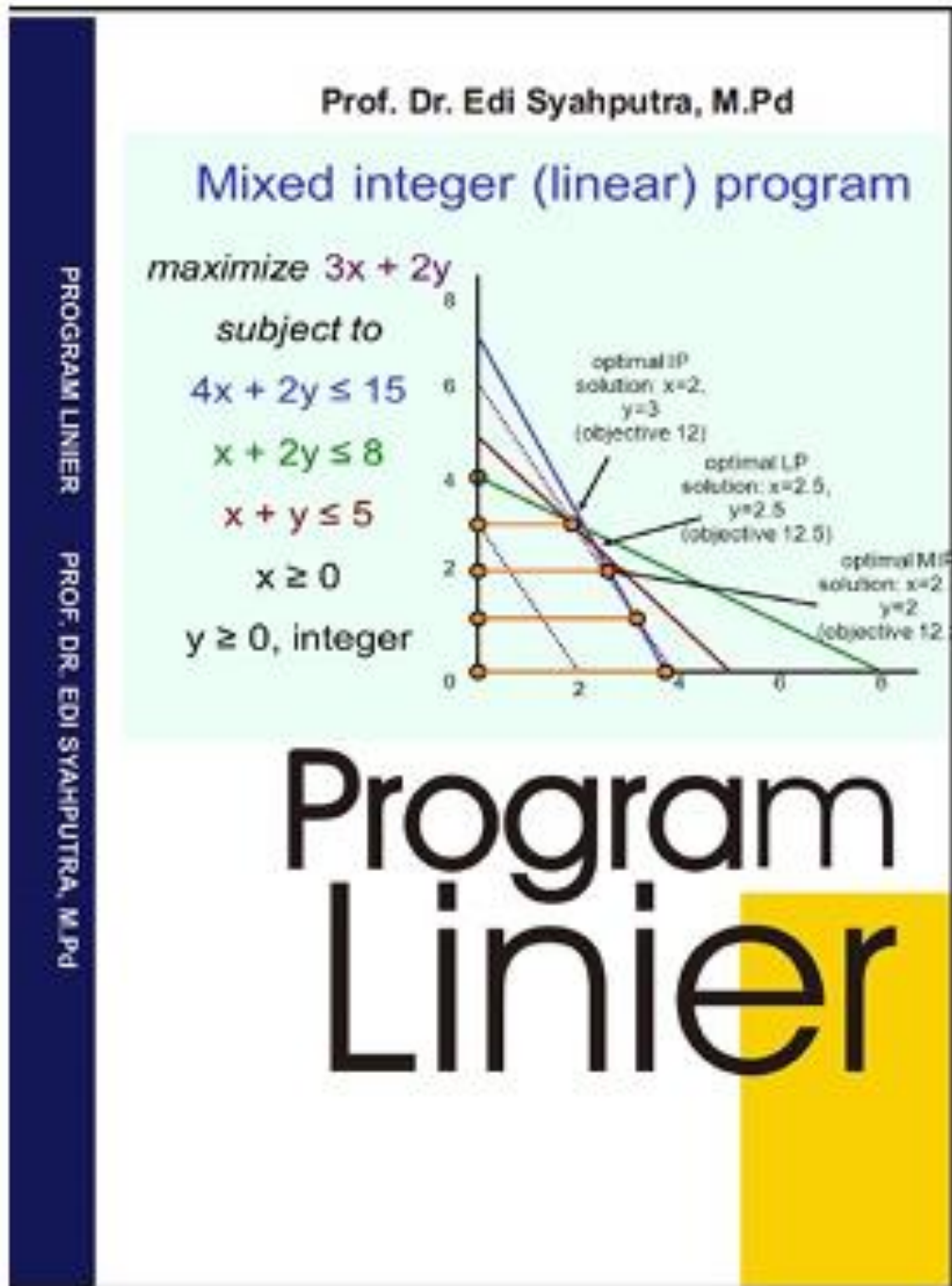
Metode grafik adalah salah satu metode yang dapat digunakan untuk menyelesaikan permasalahan program linear khusus (hanya memiliki dua variabel) dan penyelesaiannya dilakukan dengan cara menggambarkan grafik fungsi dari fungsi kendala maupun fungsi tujuannya [6]. Metode simpleks adalah prosedur algoritma yang berfungsi menyimpan dan menghitung banyak bilangan atau angka pada perulangan saat ini dan mengambil keputusan pada perulangan berikutnya. Metode simpleks juga merupakan metode yang digunakan untuk menyelesaikan masalah program linear dengan banyak pertidaksamaan dan banyak variabel [7]. Namun, pada masalah ini peneliti memilih metode grafik sebagai metode untuk menyelesaikan permasalahan optimasi laba pedagang jus buah. Dalam metode ini perlu digambarkan fungsi-fungsinya, yaitu fungsi kendala dan fungsi tujuan. Fungsi-fungsi ini dapat berupa persamaan dan pertidaksamaan [6].

Secara umum, program linear memiliki dua macam fungsi, yaitu fungsi kendala (dikenal juga sebagai fungsi pembatas) dan fungsi tujuan. Fungsi kendala merupakan model Matematika yang berisi kendala-kendala atau keterbatasan yang dihadapi [8]. Variabel yang digunakan untuk batasan fungsi kendala didapat dari data yang dikumpulkan peneliti melalui wawancara secara langsung kepada pedagang [9]. Variabel tersebut selanjutnya dilakukan pemisalan sehingga membentuk suatu persamaan yang mana persamaan ini nantinya akan diolah menggunakan program linear [10]. Fungsi tujuan menggambarkan tujuan yang hendak dicapai yang dinyatakan dalam model Matematika linear, lalu kendala yang ada akan diminimumkan dan tujuan (keuntungan) akan dimaksimumkan [6]. Variabel yang termasuk pada fungsi kendala yaitu persediaan bahan serta kebutuhan produksi jus sedangkan yang termasuk dalam fungsi tujuan adalah pemaksimalan pendapatan.

Penyelesaian metode grafik dapat dibantu dengan menggunakan Geogebra. Geogebra merupakan singkatan dari *geometry* dan *algebra*, yang mana aplikasi ini tidak hanya mendukung dua topik tersebut, namun juga mendukung banyak topik diluar keduanya [11]. GeoGebra dapat digunakan dalam pembelajaran Matematika yang menggabungkan materi geometri, aljabar dan kalkulus [4]. Aplikasi ini cukup lengkap, bervariasi, dan dapat digunakan secara umum sebagai alat bantu dalam menghitung keuntungan maksimum [12]. Dengan adanya Geogebra, para pedagang jus buah dapat menentukan keuntungan maksimal melalui grafik yang ada. Dari penjelasan sebelumnya dapat ditarik kesimpulan bahwa GeoGebra adalah kalkulator grafik yang bisa diakses secara daring, dimana aplikasi ini dapat menampilkan grafik dua dimensi seperti grafik fungsi sederhana, persamaan dan pertidaksamaan kuadrat, serta grafik trigonometri dan polygonal [13]. Dengan demikian, melalui analisis metode grafik ini, jus dapat diproduksi menggunakan bahan secara efektif dan efisien, serta peningkatan pendapatan bertambah [3].

Berdasarkan pada penjelasan yang telah diuraikan, peneliti mengangkat judul "Penerapan Program Linear dalam Memaksimalkan Laba Pedagang Jus Buah". Melalui penelitian ini diharapkan para pedagang jus buah dapat lebih mengetahui dan memahami dalam penentuan memaksimalkan keuntungan berdagang jus buah.

9. (Syahputra, 2015)



BAB I

BENTUK UMUM PROGRAM LINIER

Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari bab I anda diharapkan dapat:

1. Menuliskan bentuk umum program linier
 2. Menyelesaikan program linier sederhana dengan metode grafik
 3. Membedakan kasus-kasus khusus yang sederhana pada program linier
-
-

A. Bentuk Umum Program Linier

Program linier merupakan ilmu terapan yang sangat bermanfaat dan sangat luas pemakaiannya. Untuk dapat menguasai ilmu ini diperlukan prasyarat pengetahuan yang lain. Pengetahuan yang sangat mendukung diantaranya adalah ruang vektor, dan matriks. Oleh sebab itu untuk memaksimalkan pemakaian buku ini dianjurkan untuk terlebih dahulu membaca buku-buku tentang ruang vektor dan matriks. Sistematika penulisan buku ini disusun sedemikian rupa sehingga pembaca terlebih dahulu diberikan teknik penyelesaian soal-soal program linier dari yang sederhana meningkat sampai ke soal-soal yang lebih kompleks. Landasan teori yang mendukung akan diberikan setelah teknik penyelesaian dikuasai dengan baik. Beberapa contoh soal yang dapat pembaca telusuri untuk lebih memahami teori yang dibaca. Selanjutnya diberikan soal-soal beserta penyelesaiannya untuk ditelusuri sebagai latihan, dengan harapan pembaca dapat menguasai materi yang dipelajari.

Program linier dapat diselesaikan dengan beberapa cara. Cara yang paling umum adalah dengan menggunakan metode grafik. Metode grafik hanya efektif digunakan apabila banyaknya variabel pada program linier hanya dua. Jika banyaknya variabel lebih dari dua misalnya ada tiga variabel, maka metode grafik tidak efektif lagi. Bahkan jika banyaknya variabel sudah lebih dari tiga maka metode grafik tidak dapat diterapkan lagi.

STRATEGI PEMBELAJARAN PEMROGRAMAN LINIER MENGUNAKAN METODE GRAFIK DAN SIMPLEKS

Tira Asmara¹⁾, Mita Rahmawati²⁾, Miptah Aprilla³⁾, Erwin Harahap⁴⁾, Deni Darmawan⁵⁾

^{1,2,4}Program Studi Matematika, FMIPA, Universitas Islam Bandung
Email: tiraasmara@unisba.ac.id; tiraasmara@unisba.ac.id; erwin2h@unisba.ac.id

³Program Studi Teknik Tekstil, Politeknik STT Tekstil
Email: miptahaprilla@stttekstil.ac.id

⁵Program Studi Teknologi Pendidikan, Universitas Pendidikan Indonesia
Email: deni_darmawan@upi.edu

ABSTRAK

Persoalan pemrograman linier merupakan suatu persoalan untuk menentukan besarnya masing-masing nilai variabel sehingga nilai fungsi tujuan atau objektif yang linier menjadi optimum, yaitu memaksimalkan atau meminimumkan, dengan memperhatikan kendala. Metode grafik dapat digunakan untuk pemecahan masalah pemrograman linear yang memiliki dua variabel. Sedangkan metode Simpleks merupakan salah satu teknik penyelesaian dalam pemrograman linier yang umumnya sebagai teknik pengambilan keputusan dalam permasalahan yang berhubungan dengan pengalokasian sumberdaya secara optimal yang meliputi banyak pertidaksamaan dan banyak variabel. Untuk memahami persoalan pemrograman linier, diperlukan suatu strategi pembelajaran dimana penyelesaiannya menggunakan teknik uraian dan analisis Matematika. Untuk reaksi cepat dan masalah yang sangat kompleks, persoalan pemrograman linier dapat diselesaikan dengan memanfaatkan aplikasi *GeoGebra* atau *QM for Windows*.

Kata kunci : pemrograman linier, grafik, simpleks, geogebra, qm for windows

ABSTRACT

The problem of linear programming is an issue to determine the value of each variable so that the objective function is optimum, i.e. maximize or minimize, by considering the constraints. Graphical methods can be used for linear programming problem solving that has two variables. While Simplex method is one of solution technique in linear programming which generally as a decision making technique in problem related to optimal allocation of resources that covering many inequality and many variables. To understand the problem of linear programming, it is necessary to learn a strategy where the solution using technique description and mathematics analysis are needed. For quick reactions and very complex issues, linear programming problems can be solved by using *GeoGebra* or *QM for Windows* applications.

Keywords : linear programming, graphic, simplex, geogebra, qm for windows

A. PENDAHULUAN

Dalam kehidupan sehari-hari, ilmu mengenai riset operasi banyak digunakan dan diterapkan terutama pada bidang ekonomi yaitu pada dunia usaha. Setiap pelaku usaha pasti melakukan apa yang disebut dengan prinsip ekonomi, yaitu dengan modal yang sedikit mampu menghasilkan keuntungan yang besar, sehingga muncullah masalah optimasi.

Aminudin (2005) di dalam bukunya berjudul *Prinsip-Prinsip Riset Operasi* mengemukakan bahwa organisasi harus membuat aturan tentang pengalokasian sumber dayanya dan tidak ada organisasi yang beroperasi permanen dengan sumber daya yang tidak terbatas.

Masalah optimasi tersebut meliputi meminimumkan biaya atau memaksimalkan keuntungan dengan kapasitas sumber daya