ANALISIS METODE *BRANCH AND BOUND* PADA OPTIMALISASI LABA INDUSTRI TAMBANG BATU BATA PUTIH

SKRIPSI

OLEH
ACHMAD SYADDAD MUTAWAKKIL ALALLAH
NIM: 15610054

PROGRAM STUDI MATEMATIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2021

ANALISIS METODE *BRANCH AND BOUND* PADA OPTIMALISASI LABA INDUSTRI TAMBANG BATU BATA PUTIH

SKRIPSI

Diajukan kepada
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang
untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan dalam
Memperoleh Gelar Sarjana Matematika (S.Mat)

Oleh
ACHMAD SYADDAD MUTAWAKKIL ALALLAH
NIM. 15610054

PROGRAM STUDI MATEMATIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2021

ANALISIS METODE *BRANCH AND BOUND* PADA OPTIMALISASI LABA INDUSTRI TAMBANG BATU BATA PUTIH

SKRIPSI

Oleh
ACHMAD SYADDAD MUTAWAKKIL ALALLAH
NIM. 15610054

Telah Diperiksa dan Disetujui untuk Diuji
Tanggal 01 Mei 2021

Pembimbing I,	Pembimbing II
Ari Kusumastuti, M.Si., M.Pd	Juhari, M.Si
NIP. 19770521 200501 2 004	NIDT. 19840209 20160801 1 055

Mengetahui,
Ketua Program Studi Matematika

Dr. Usman Pagalay, M.Si
NIP. 19650414 200312 1 001

ANALISIS METODE *BRANCH AND BOUND* PADA OPTIMALISASI LABA INDUSTRI TAMBANG BATU BATA PUTIH

SKRIPSI

Oleh
ACHMAD SYADDAD MUTAWAKKIL ALALLAH
NIM. 15610054

Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Skripsi
dan Dinyatakan Diterima sebagai Salah Satu Persyaratan
untuk Memperoleh Gelar Sarjana Matematika (S.Mat)
Tanggal 2 Juni 2021

Penguji Utama	: Prof. Dr. H. Turmudi, M.Si., Ph.D	…………………
Ketua Penguji	: Dr. Hairur Rahman, M.Si	…………………
Sekretaris Penguji	: Ari Kusumastuti, M.Si., M.Pd	…………………
Anggota Penguji	: Juhari, M.Si	…………………

Mengesahkan,
Ketua Program Studi Matematika

Dr. Usman Pagalay, M.Si
NIP. 19650414 200312 1 001

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama	: Achmad Syaddad Mutawakkil Alallah
NIM	: 15610054
Jurusan	: Matematika
Fakultas	: Sains dan Teknologi
Judul Skripsi	: Analisis Metode *Branch and Bound* pada Optimalisasi Laba Industri Tambang Batu Bata Putih

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya sendiri, bukan merupakan pengambilan data, tulisan, atau pikiran orang lain yang saya akui sebagai hasil tulisan atau pikiran saya sendiri, kecuali dengan mencantumkan sumber cuplikan pada daftar rujukan. Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan skripsi ini hasil jiplakan, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Malang, 1 Mei 2021
Yang membuat pernyataan,

Achmad Syaddad Mutawakkil Alallah
NIM. 15610054

MOTO

"Kita dapat mengeluh karena semak mawar memiliki duri, atau bersukacita karena semak duri memiliki mawar" (Abraham Lincoln)

يَٰٓأَيُّهَا ٱلَّذِينَ ءَامَنُوٓا إِن جَآءَكُمْ فَاسِقٌۢ بِنَبَإٍ فَتَبَيَّنُوٓا أَن تُصِيبُوا قَوْمًۢا بِجَهَٰلَةٍ فَتُصْبِحُوا عَلَىٰ مَا فَعَلْتُمْ نَٰدِمِينَ

"Hai orang-orang yang beriman, jika orang fasik datang kepadamu dengan membawa suatu berita, maka periksalah dengan teliti agar kamu tidak menimpakan suatu musibah kepada suatu kaum tanpa mengetahui keadaannya hingga menyebabkan kamu menyesal atas perbuatanmu itu" (Q.S. Al-Hujurat ayat 6)

PERSEMBAHAN

Skripsi ini penulis persembahkan untuk:

Nye’ tercinta Siti Amaliyah, Abuya tercinta Muhammad Sirojuddin, Empok tersayang Maratul Fitriyah Annahwiyah, yang selalu menjadi motivasi dan semangat yang sangat berarti bagi penulis dalam menuntut ilmu.

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Alhamdulillah, segala puji syukur penulis haturkan kepada Allah SWT, yang telah melimpahkan segala nikmat, rahmat, taufik, serta hidayah-Nya kepada penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik. Sholawat serta salam penulis sampaikan kepada Nabi Muhammad SAW yang memberikan jalan yang lurus dan diridhoi-Nya.

Selanjutnya penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membimbing, menuntun, dan memberikan motivasi kepada penulis. Ucapan terima kasih ini penulis sampaikan kepada:

1. Prof. Dr. Abd. Haris, M.Ag, selaku Rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
2. Dr. Sri Harini, M.Si, selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Dr. Usman Pagalay, M.Si, selaku Ketua Program Studi Matematika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
4. Ari Kusumastuti, M.Si, M.Pd, sebagai pembimbing yang senantiasa sabar, dan tiada hentinya memberikan motivasi sehingga penulisan skripsi ini dapat terselesaikan.
5. Juhari, M.Si, sebagai pembimbing agama yang senantiasa memberikan bimbingan dan saran yang membangun dalam menyelesaikan penulisan skripsi ini.

6. Seluruh dosen Program Studi Matematika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang, yang tidak pernah lelah untuk mendidik, mengajarkan, dan mencurahkan ilmu-ilmunya kepada penulis.
7. Seluruh teman-teman pengurus Ma’had Sunan Ampel Al-‘Aly UIN Malang, kelompok KKM 272 Kasembon Kab Malang, kelompok PKL BPS Kab Pasuruan, pengurus UPKM El Ma’rifah, pengurus HMJ “Integral” Matematika, dan sahabat-sahabat satu perjuangan angkatan 2015 Matematika yang berjuang bersama-sama untuk meraih mimpi.
8. Seluruh karyawan dan staf perusahaan Kerajnan Bapon “Mukit” yang telah membantu melancarkan proses pengerjaan skripsi yang tak mungkin penulis sebutkan satu persatu..
9. Semua pihak yang yang telah mendukung penulis baik moril maupun materiil, terima kasih atas semua dukungan dan motivasinya.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, oleh karena itu saran dan kritik senantiasa penulis harapkan. Penulis berharap semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat dan wawasan yang lebih luas atau bahkan hikmah bagi penulis, pembaca, dan bagi seluruh masyarakat. Amin.

Wassalamu’alaikum Wr. Wb.

Malang, 01 Mei 2021

Penulis

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL

DAFTAR GAMBAR

ABSTRAK

Alallah, Achmad Syaddad Mutawakkil. 2021. **Analisis Metode *Branch and Bound* pada Optimalisasi Laba Industri Tambang Batu Bata Putih.** Skripsi. Jurusan Matematika Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Pembimbing: (I) Ari Kusumastuti, M.Si., M.Pd, (II) Juhari, M.Si

Kata Kunci: Optimalisasi, *Branch and Bound*, Industri Tambang, Laba

Seiring berkembangnya zaman, *Integer Programming* ditemukan oleh manusia untuk mempermudah kehidupannya. Dengan menggunakan metode-metode yang disediakan, industri bisa memanfaatkannya untuk menyusun strategi ekonomi untuk bisa mendapatkan laba sebanyak-banyaknya. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui analisis metode *Branch and Bound* pada optimalisasi laba industri tambang batu bata putih. Kerajinan Bapon "M. Mukit" di Bangkalan Madura memroduksi 3 jenis batu bata, yaitu batu bata "Bhator" (X_1), batu bata "Bhetah" (X_2) dan batu bata "Sendhi" (X_3). Upaya optimalisasi laba industri tambang batu bata putih memiliki beberapa kendala, yaitu jumlah bahan baku, upah tenaga kerja, kas pemilik lahan, biaya bahan bakar, biaya perawatan alat dan biaya pengangkutan. Langkah-langkah metode *Branch and Bound* adalah: (1) Memodelkan masalah dengan menentukan variabel keputusan, fungsi tujuan dan fungsi kendala. (2) Menghitung nilai variabel keputusan dengan menggunakan metode simpleks pada program linier. (3) Menentukan batas atas *(upper bound)* dan batas bawah *(lower bound)* solusi optimal pada submasalah yang mengarah ke solusi. (4) Membagi masalah program linier menjadi beberapa submasalah yang mungkin mengarah ke solusi dengan menambah kendala baru. (5) Melihat submasalah mana yang merupakan penyelesaian atau belum memenuhi syarat *integer* sehingga dilakukan pencabangan selanjutnya. Proses Pencabangan ini tetap dilanjutkan sampai semua nilai variabel keputusan bernilai bulat dan *feasible*. Hasil analisis menggunakan metode *Branch and Bound* menyatakan bahwa untuk mendapatkan laba optimal, perusahaan harus memproduksi batu bata putih sebanyak 42 buah batu bata "Bhator", 4681 buah batu bata "Bhetah",dan 76 buah batu bata "Sendhi" sehingga menghasilkan keuntungan sebesar Rp. 856.515 per hari.

ABSTRACT

Alallah, Achmad Syaddad Mutawakkil. 2021. **Analysis of the Branch and Bound Method on the Profit Optimizisation for the White Brick Mining Industry**. Thesis. Department of Mathematics, Faculty of Science and Technology, Maulana Malik Ibrahim State Islamic University of Malang. Advisors: (I) Ari Kusumastuti, M.Si., M.Pd, (II) Juhari, M.Si

Keywords: Optimization, Branch and Bound, Mining Industry, Profit

Along with the development of the times, Integer Programming was invented by humans to make life easier. By using the methods provided, the industry can use them to develop economic strategies to get as much profit as possible. This study aims to determine the analysis of the Branch and Bound method on profit optimization the of the white brick mining industry. Bapon Craft "M. Mukit" in Bangkalan Madura produces three types of bricks, they are "Bhator" bricks ($X1$), "Bhetah" bricks ($X2$) and "Sendhi" bricks ($X3$). Profit optimizing efforts of the white brick mining industry have several constraints, they are the amount of raw materials, labor wages, land owner cash, fuel costs, equipment maintenance costs and transportation costs. The steps of the Branch and Bound method are: (1) Modeling the problem by determining the decision variables, objective functions and constraint functions. (2) Calculating the value of the decision variable using the simplex method in a linear programming. (3) Determining the upper bound and lower bound for the optimal solution in the sub-problems that lead to the solution. (4) Dividing the linear programming problem into several sub-problems that may lead to a solution by adding new constraints. (5) Observing which sub-problem is a solution or not the integer requirements so that the next iteration is continued. This branching process continues until all the value of the decision variables are integers and feasible. The results of the analysis using the Branch and Bound method explain that for getting optimal profit, the company must produce 42 "Bhator" bricks, 4681 "Bhetah" bricks, and 76 "Sendhi" bricks so they can generate a profit of Rp. 856,515 a day.

ملخص

على الله ، أحمد شداد متوكل. 2021. **تحليل طريقة *Branch and Bound* لتحسين الأرباح في صناعة تعدين الطوب الأبيضي**. البحث العلمي. قسم الرياضيات ، كلية العلوم والتكنولوجيا ، جامعة مولانا مالك إبراهيم الإسلامية الحكومية مالانج. المشرفة الأولى (١) أري كوسوما أستوتي، الماجستير . المشرف الثاني ،(٢) جوهري ، الماجستير

الكلمات الرئيسية: التحسين ، طريقة *Branch and Bound* ، صناعة التعديني ، الربح

مع تطور العصر، اخترع البشر *Integer Programming* ليجعل الحياة أسهل. باستخدام الأساليب المتوفرة ، يمكن استخدامها للصناعة لتطوير استراتيجيات اقتصادية لتحصل على أكبر قدر ممكن من الربح. يقصد هذا البحث إلى تعلم تحليل طريقة *Branch and Bound* لتحسين الأرباح في صناعة تعدين الطوب الأبيضي. تنتج مصنوعات الطوب الأساسي "م مقيت" في بانكالان مدورا ثلاثة أنواع من الطوب ، وهي طوب (X_1) "Bhator" ، وطوب (X_2) "Bhetah" ، وطوب(X_3) "Sendhi" . تواجه القيود في اختيار تحسين الأرباح في صناعة تعدين الطوب الأبيضي, وهي المواد الخام ، وأجور العمال ، والنقدية لمالك الأرض ، وتكاليف الوقود ، وتكاليف صيانة المعدات ، وتكاليف النقل. خطوات طريقة *Branch and Bound* هي: (1) تصميم المشكلة عن طريق تحديد متغيرات والوظائف الموضوعية ووظائف القيود. (2) حساب قيمة متغيرات باستخدام طريقة simplex في *Linear Programming*. (3) تحديد الحد الأعلى والحد الأدنى للحل الاحسن في المشاكل الفرعية التي تؤدي إلى الحل. (4) قسّم مشكلة *Linear Programming* إلى عدة مشاكل فرعية بإضافة قيود جديدة. (5) تعرف على اي المشكلة الفرعية التي تعتبر حلاً أو لا تفي بمتطلبات العدد الصحيح بحيث يتم مزيد من التفريع. تستمر هذه التفريع حتى تصبح كل قيمة متغيرات مستديرة وممكنة. تشير نتائج التحليل باستخدام طريقة *Branch and Bound* إلى أنه يحصل على الربح الأمثل ، يجب على الشركة إنتاج 42 طوبة "Bhator"، و 4681 طوبة "Bhetah"، و 76 طوبة "Sendhi" لتحقيق ربح 856.515 روبية يوميا.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Riset Operasi (*Operation Research*) adalah salah satu ilmu terapan praktis yang selalu diperlukan dalam berbagai bidang, khususnya yang berhubungan dengan masalah optimasi kuantitatif yang berhubungan dengan biaya, banyak item produk dan sumber daya yang dimiliki. Salah satu teknik riset operasi yang paling banyak digunakan adalah Program Linier (*Linear Programming*). Program Linier merupakan cara untuk mengetahui keputusan optimal dengan kendala-kendala tertentu (Siswanto, 2006).

Optimalitas dengan Program Linier mungkin menghasilkan nilai optimal dari variabel yang berupa bilangan pecahan. Apabila variabel-variabel tersebut mewakili item-item yang tidak bisa dipecah seperti manusia, saham, mesin, dan lain-lain, maka keputusan optimal itu tentunya tidak mungkin diimplementasikan. Program Bilangan Bulat (*Integer Programming*) adalah model penyelesaian matematis yang memungkinkan hasil penyelesaian kasus Program Linier yang berupa bilangan pecahan diubah menjadi bilangan bulat tanpa meninggalkan optimalitas penyelesaian (Siswanto, 2006).

Seiring berkembangnya zaman, *Integer Programming* ditemukan oleh manusia untuk mempermudah kehidupannya. Dengan menggunakan metode-metode yang disediakan, salah satu dampaknya adalah pedagang dan industri bisa memanfaatkannya untuk menyusun strategi ekonomi untuk bisa mendapatkan laba sebanyak-banyaknya.

Produksi barang dan jasa merupakan salah satu bidang usaha yang sedang berkembang pesat di dunia. Perkembangan ini menyebabkan persaingan di bidang industri semakin ketat dengan munculnya berbagai jenis perusahaan industri. Salah satu contoh industri yang cukup lama dan masih bertahan hingga saat ini adalah industri tambang batu bata putih. Pada umumnya, industri tambang batu bata putih tidak memiliki metode tertentu yang pasti dalam menentukan laba masing-masing jenis produk. Oleh karena itu, penulis menggunakan metode *Branch and Bound* untuk mengetahui keuntungan yang optimal secara efektif.

Metode *Branch and Bound* sering digunakan untuk menyelesaikan suatu permasalahan program integer karena hasil yang diperoleh dalam penyelesaian optimal biasanya lebih dari satu sehingga penulis dapat menentukan mana hasil yang paling optimal dari hasil-hasil yang telah diperoleh tersebut sehingga metode ini dikatakan lebih teliti dan lebih baik dari metode lain (Angeline, 2014).

Ide dasar tercetuskannya metode ini adalah membagi daerah *feasible* menjadi daerah *feasible* yang lebih kecil. Ide sederhana tersebut menetapkan batas yang lebih tinggi dan lebih rendah menjadi solusi saat menyelesaikan masalah optimalitas dari beberapa submasalah secara sistematis. Dengan menggunakan metode *branch and bound*, Widi Hartono (2014) dapat memecahkan persoalan optimalitas sisa material besi pada plat lantai. Dimana perbandingan jumlah besi tulangan yang berdiameter 12 cm dan 10 cm terjadi penghematan sebesar 1,5449% dan 4,0399%.

Dalam menentukan laba optimal, dapat diambil contoh sebuah perusahaan tambang batu bata putih Kerajinan Bapon “M Mukit” di Bangkalan Madura. Perusahaan tersebut memroduksi 3 jenis batu bata, yaitu batu bata “Bhator“ yang selanjutnya didefinisikan sebagai (X_1), batu bata “Bhetah“ yang selanjutnya didefinisikan sebagai (X_2) dan batu bata “Sendhi“ yang selanjutnya didefinisikan sebagai (X_3). Analisis yang dilakukan berdasarkan kendala jumlah bahan baku, biaya upah tenaga kerja, kas pemilik lahan, biaya peralatan, biaya bahan bakar dan biaya angkut, karena ketiga kendala tersebut merupakan kendala yang paling memengaruhi jumlah produksi dari industri tambang batu bata putih. Dari ketiga kendala tersebut, akan dicari nilai jumlah produksi dari masing-masing variabel sehingga dapat diketahui laba optimalnya.

Sebelum pelitian ini dilaksanakan, Angeline, Iryanto dan Gim Tarigan juga pernah meneliti metode ini pada tahun 2014 dengan judul penelitian “Penerapan Metode *Branch and Bound* dalam Menentukan Jumlah Produksi Optimum Pada CV. XYZ“. Dari penelitian tersebut, diperoleh bahwa metode *Branch and Bound* merupakan metode yang efektif dalam mengopimtalkan suatu permasalahan walaupun prosedur dari metode ini sangat panjang dalam permasalahan yang besar. Selain itu, pada tahun 2015 juga pernah dilaksanakan penelitian tentang metode ini oleh Rifaldi Pagiling, Agus Sahari, dan Rais dengan judul “Optimalisasi Hasil Produksi Tahu dan Tempe Menggunakan Metode *Branch and Bound* (Studi Kasus: Pabrik Tempe Eri Jl. Teratai No.04 Palu Selatan)“. Dari penelitian tersebut, diperoleh bahwa hasil produksi optimal tahu, tempe balak, dan tempe kecil lebih maksimal dibandingkan dengan sebelum menggunakan perhitungan metode *Branch and Bound*.

Pada Februari tahun 2016, juga pernah dilaksanakan penelitian tentang metode ini oleh Nunung Indra Lesmana dengan judul “Penjadwalan Produksi untuk Meminimalkan Waktu Produksi dengan Menggunakan Metode *Branch and*

Bound“. Dari penelitian tersebut, diperoleh bahwa jika menggunakan metode *Branch and Bound* maka waktu pengerjaan lebih singkat daripada menggunakan metode perusahaan. Dan pada April tahun 2016, Dicky Moriza, Hari Adiyanto, dan Yodi Nurdiansyah juga pernah melaksanakan penelitian tentang metode ini dengan judul penelitian “Rute Pendistribusian Air Mineral Dalam Kemasan Menggunakan Metode *Nearest Neighbour* dan *Branch and Bound* Di PT. Agronesia BMC*“. Dari penelitian tersebut, diperoleh bahwa perbaikan rute dengan menggunakan metode *Branch and Bound* menghasilkan penghematan jarak tempuh dan biaya distribusi dari kondisi rute awal di PT. Agronesia BMC.

Di dalam Islam, Rasulullah mengumpamakan seorang mukmin dengan seorang pedagang. Hadist yang diriwayatkan oleh Bukhori dan Muslim sebagai berikut:

المؤمن هو مثل التاجر: إنّه لن يحصل على الأرباح قبل أن يحصل على رأس ماله الرئيسي

Artinya: Seorang mukmin itu seperti seorang pedagang: dia tidak akan menghasilkan laba sebelum ia mendapatkan kembali modal pokoknya.” (HR. Bukhori dan Muslim)

Dalam hadist ini, Ath-Thibi menjelaskan dalam kitab Fathul Bâri bi Syarh Shahîh al-Bukhâri bahwa ketika seorang pedagang ingin mendapatkan keuntungan, tentunya harus merencanakan dan menyusun strategi mu‘amalah dengan baik agar terhindar dari resiko kerugian. Kesehatan dan waktu luang adalah modal, dan sepatutnya seorang mukmin memaksimalkan kesehatan dan waktu luangnya dalam bermu’amalah dengan Allah SWT dengan iman, berjuang melawan hawa nafsu, agar ia beruntung di dunia dan akhirat.

"Modal" (رأس المال) dan "Laba" (الربح) adalah kata-kata yang selalu hadir pada perdagangan. Modal adalah barang yang dihasilkan oleh alam atau manusia untuk membantu memproduksi barang lainnya dengan tujuan untuk memperoleh keuntungan. Sedangkan Laba adalah pertambahan dana yang diperoleh sebagai kelebihan dari beban biaya produksi atau modal dalam proses barter dan perjalanan bisnis (Rawwas Qal'ahjiy, 1998). Suatu perusahaan bisa dikatakan untung apabila jumlah hasil yang didapatkan melebihi jumlah modal pokok yang pernah dikeluarkan. Namun tentu saja perusahaan tersebut tidak bisa dikatakan untung ketika ia hanya mendapatkan modal pokok atau labanya saja.

Menurut Syaikh Muhammad bin Sholeh al-Utsaimin, Islam tidak membatasi laba perdagangan karena laba adalah bagian dari rizki dari Allah. Boleh saja mengambil laba dua kali lipat selama barang yang diperdagangkan bukan kebutuhan pokok masyarakat, jumlahnya tidak berlebihan hingga termasuk penipuan, dan laba tersebut tidak disebabkan karena penimbunan (ihtikar), sehingga menyebabkan barang tersebut menjadi langka dan harganya menjadi mahal.

Merujuk kepada uraian diatas, maka penelitian pada skripsi ini mengambil judul "Analisis Metode *Branch and Bound* pada Optimalisasi Laba Industri Tambang Batu Bata Putih"

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas maka diperoleh suatu rumusan masalah yaitu "Bagaimana analisis metode *Branch and Bound* pada optimalisasi laba industri tambang batu bata putih di Bangkalan Madura?"

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui bagaimana analisis metode *Branch and Bound* pada optimalisasi laba industri tambang batu bata putih di Bangkalan Madura.

1.4. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penelitian ini adalah menambah wawasan keilmuan dan bahan pustaka baik bagi penulis maupun pembaca pada umumnya mengenai kaitan konsep matematika khususnya penerapan metode *Branch and Bound* dalam dunia bisnis dan industri, serta sebagai salah satu rujukan dan kajian bagi pembaca tentang analisis optimalitas laba pada industri tambang batu bata putih dengan menggunakan metode *Branch and Bound* dengan berdasarkan data-data yang telah ada.

1.5. Batasan Masalah

Berdasarkan perumusan masalah di atas, batasan masalah dalam penelitian ini adalah:

a. Keuntungan optimal yang dimaksud adalah keuntungan yang tingkat pencapaiannya memiliki batasan berupa besarnya sumber daya yang dimiliki atau nilai biaya yang harus dikeluarkan.
b. Kendala masalah optimasi adalah banyaknya bahan baku, biaya upah tenaga kerja, kas pemilik lahan, biaya bahan bakar, biaya perawatan alat dan biaya angkut dengan tujuan memaksimalkan laba produksi.

c. Bahan baku yang digunakan hanya batu jenis kapur gunung yang digergaji dengan ukuran masing-masing *bhator* adalah $24\times36\times72$ cm^3, *bhatah* adalah $8\times12\times24$ cm^3, dan *sendhi* adalah $24\times24\times48$ cm^3.
d. Perusahaan menggunakan bahan baku sebanyak $6{,}2\times5\times0{,}5$ m^3 atau 15,5 m^3 batu kapur gunung per hari.
e. Total biaya produksi dari perusahaan tersebut adalah Rp. 1.670.000 per hari dengan rincian: biaya upah tenaga kerja sebanyak Rp. 1.350.000, biaya peralatan sebanyak Rp. 200.000 dan biaya angkut sebanyak Rp. 120.000.
f. Proses maksimalisasi setiap iterasi menggunakan metode simpleks dengan bantuan aplikasi Solver Excel.
g. Jumlah produksi dianggap sama dengan jumlah permintaan.

1.6. Sistematika Penulisan

Dalam penulisan proposal skripsi ini digunakan sistematika penulisan sebagai berikut:

Bab I Pendahuluan

Bagian ini menjelaskan latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, manfaat penelitian, metode penelitian dan sistematika penulisan.

Bab II Kajian Pustaka

Bagian ini merupakan bab yang berisikan konsep-konsep yang menjadi landasan pembahasan masalah yaitu integer linear programming dengan metode *Branch and Bound.*

Bab III Metode Penelitian

Bab ini berisikan tentang infomasi rinci tentang proses penelitian, mulai dari lokasi penelitian hingga analisis hasil penelitian.

Bab IV Hasil dan Pembahasan

Bagian ini menjelaskan pengolahan data dan analisis data yang telah terkaji.

Bab V Penutup

Bab ini berisi kesimpulan dari hasil penelitian yang telah dilakukan dan saran-saran untuk penelitian selanjutnya.

Daftar Pustaka

Bagian ini merupakan daftar rujukan peneliti dalam menulis penelitian ini.

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

2.1. Program Linier

Program linier merupakan suatu cara dalam menentukan nilai optimal (maksimum atau minimum) dari suatu fungsi linier dibawah kendala-kendala tertentu (Siswanto, 2006). Menurut Purba (2012) program linier adalah model umum yang dapat digunakan dalam pemecahan persoalan optimalitas penggunaan sumber daya yang muncul saat seseorang diharuskan untuk menentukan tingkat setiap kegiatan yang akan dilakukannya, dimana masing-masing kegiatan membutuhkan sumber daya yang sama dengan sumber daya yang terbatas.

Pada dasarnya, masalah program linier dapat dirumuskan dalam suatu model dasar/ model baku/ model matematika sebagai berikut:

Menentukan nilai dari X_1, X_2, X_3,…, X_n, sehingga:

$$z = c_1x_1 + c_2x_2 + \cdots + c_nx_n = \sum_{j=1}^{n} c_j\, x_j$$

yang kemudian disebut dengan fungsi tujuan (*Objective Function*) dengan fungsi kendala:

$a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \cdots + a_{1n}x_n \ \leq$ atau $\geq b_1$,

$a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \cdots + a_{2n}x_n \ \leq$ atau $\geq b_2$,

$\vdots \qquad \vdots \qquad \vdots \qquad \vdots$

$a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \cdots + a_{mn}x_n \ \leq$ atau $\geq b_m$,,

atau $\sum_{j=1}^{n} a_{ij}\, x_j \leq$ atau $\geq b_i$, untuk i $=$ 1,2,3, … ,m. dan $X_j \geq 0$, dimana $j = 1,2,3, \ldots, n$. (Lewis, 2008)

Keterangan:

n = Banyaknya jenis barang yang akan diproduksi masing-masing sebanyak X_1, X_2, …, X_n unit.

X_j = Variabel keputusan atau kegiatan yang ingin dicari nilainya (misalnya banyaknya produksi barang yang ke-j, dimana $j = 1,2, \ldots, n$).

c_j = Parameter yang dijadikan kriteria optimalitas (misalnya laba per satuan barang yang ke-j).

b_i = Sumber daya yang membatasi kegiatan atau usaha yang bersangkutan (misalnya banyaknya bahan baku ke- i, $i = 1, 2, .., m$). Ada m macam bahan baku, yang masing-masing tersedia $b_1, b_2, \ldots, b_m$.

a_{ij} = Koefisien variabel keputusan dalam kendala ke-i (misalnya banyaknya bahan baku ke-i yang digunakan untuk memproduksi 1 satuan barang ke-j).

Menurut Siswanto (2006) dalam penyelesaian persoalan dengan menggunakan program linier, yang mula-mula harus dilakukan adalah mengidentifikasi masalah ke dalam bentuk matematis atau disebut dengan pembuatan model program linier. Langkah-langkah yang dilakukan untuk merumuskan model program linier tersebut adalah:

a. Menentukan variabel keputusan yang akan dicari, dan memberi notasi dalam bentuk matematis.
b. Menentukan kendala sumber daya yang digunakan dari variabel keputusan tadi dengan pernyataan dalam bentuk persamaan linier atau pertidaksamaan linier.
c. Menentukan tujuan yang akan dihasilkan dari variabel keputusan, dan menyatakannya dalam fungsi linier yang berupa maksimisasi/minimasi.

Contoh 2.1

Toko roti “Rachbini“ memproduksi 3 jenis roti, yaitu roti A, roti B, dan roti C. Bahan baku yang dipakai untuk memroduksi ketiga jenis roti tersebut berupa tepung, telur dan gula yang secara rinci disajikan dalam Tabel 2.1:

Tabel 2.1 Bahan Baku Toko Roti “Rachbini“

Jenis roti	Tepung	Telur	Gula
A	3 kg	4 butir	1.5 kg
B	2 kg	5 butir	2 kg
C	4 kg	8 butir	3.5 kg

Setiap harinya toko roti “Rachbini“ hanya mampu menyediakan paling banyak 12 kg tepung, 20 butir telur dan 10 kg gula. Laba dari masing-masing jenis roti per bijinya yaitu: Rp.1000,- untuk roti A, Rp.500,- untuk roti B dan Rp.700,- untuk roti C. Agar laba yang diperoleh maksimal, pemilik toko mencoba mencari jumlah produksi dari ketiga jenis roti yang diproduksi.

Langkah-langkah untuk merumuskan model program linier dari contoh 2.1 adalah:

1. Menentukan variabel keputusan

   Kegiatan yang diketahui adalah produksi harian dari ketiga jenis roti.

   Misalkan

   x_1: adalah produksi harian roti A

   x_2: adalah produksi harian roti B, dan

   x_3: adalah produksi harian roti C.

2. Menentukan batasan

   Dalam memperoleh jumlah produksi harian, ketiga jenis roti tersebut dibatasi oleh bahan baku yang tersedia. Jumlah penggunaan tepung pada pembuatan ketiga jenis roti tidak boleh melebihi 12 kg, telur tidak boleh melebihi 20 butir dan gula tidak boleh melebihi 10 kg sehingga diperoleh kendala yaitu:

   $3X_1 + 2X_2 + 4X_3 \leq 12,$

   $4X_1 + 5X_2 + 8X_3 \leq 20,$

   $1{,}5X_1 + 2X_2 + 3{,}5X_3 \leq 10.$

3. Menentukan tujuan yang akan dihasilkan

   Tujuan yang ingin dihasilkan adalah memperoleh laba semaksimal mungkin dari penjualan ketiga jenis roti, dimana koefisien fungsi tujuan dibentuk dari laba penjualan setiap jenis roti, yaitu: Rp.1000,- untuk roti A, Rp.500,- untuk roti B dan Rp.700,- untuk roti C sehingga dan fungsi tujuan adalah sebagai berikut:

   $Z = 1000X_1 + 500X_2 + 700X_3.$

Dari ketiga langkah tersebut diperoleh rumusan model program linier masalah optimalitas toko roti “Rachbini“ adalah dengan memaksimalkan fungsi tujuan:

$Z = 1000X_1 + 500X_2 + 700X_3.$

Dengan kendala

$3X_1 + 2X_2 + 4X_3 \leq 12,$

$4X_1 + 5X_2 + 8X_3 \leq 20,$

$1{,}5X_1 + 2X_2 + 3{,}5X_3 \leq 10.$

Dan

$X_1, X_2, X_3 \geq 0$

Untuk dapat menyelesaikan masalah dengan program linier, maka perlu memenuhi 6 asumsi-asumsi dasar yang terkait dengan program linier, yaitu sebagai berikut:

a. Proportionality

Nilai fungsi tujuan dan pemakaian sumber daya yang tersedia akan berubah secara proporsional terhadap perubahan tingkat setiap kegiatan.

b. Additivity

Nilai Z setiap kegiatan tidak saling memengaruhi. Dalam program linier dimisalkan bahwa kenaikan dari nilai Z yang diakibatkan oleh kenaikan tingkat setiap kegiatan dapat ditambahkan tanpa mempengaruhi nilai Z yang diperoleh dari kegiatan lain.

c. Divisibility

Hasil keluaran (*output*) dari setiap kegiatan ataupun nilai Z dapat berupa bilangan pecahan.

d. Deterministic (Certainly)

Semua parameter yang terdapat dalam model program linier (a_{ij}, b_i, c_j) harus dapat diperkirakan dengan pasti.

e. Accountability For Resources

Sumber daya yang tersedia dapat dihitung, sehingga dapat dipastikan jumlah yang terpakai dan jumlah yang tidak terpakai.

f. *Linearity of Objectives*

Tujuan yang akan dihasilkan dan kendala harus dapat dinyatakan sebagai suatu fungsi linier.

Program linier dapat diselesaikan dengan beberapa metode, diantaranya yaitu metode grafik dan metode simpleks. Metode grafik hanya dapat digunakan dalam penyelesaian masalah program linier yang mengandung dua variabel keputusan. Tetapi pada kenyataannya persoalan yang dihadapi kebanyakan lebih dari dua variabel keputusan dengan berbagai macam kendala, sehingga metode simpleks dapat digunakan menggantikan metode grafik.

2.2. Metode Simpleks

Cara yang paling sederhana untuk menyelesaikan persoalan program linier adalah dengan metode grafik. Namun cara tersebut hanya dapat diterapkan untuk model program linier dengan dua variabel keputusan. Pada kenyataannya sebagian besar permasalahan program linier memiliki lebih dari dua variabel keputusan. Hal ini tentu sulit dalam menerapkan metode grafik untuk memperoleh penyelesaian dari persoalan tersebut.

Oleh karena itu, pada tahun 1947 George Dantzig mencetuskan suatu metode yang tepat untuk menyelesaikan persoalan program linier yang disebut metode simpleks. Metode simpleks adalah sebuah cara untuk meneruskan dari suatu pemecahan dasar yang mungkin ke pemecahan dasar yang berdekatan, sehingga nilai fungsi tujuannya tidak pernah berkurang. Hal ini biasanya menghasilkan sebuah pemecahan dasar yang memungkinkan nilai fungsi tujuannya sebesar mungkin (Anton dan Rorres, 1988).

Metode ini dapat digunakan untuk persoalan yang jumlah variabel keputusannya 2 atau lebih dan jumlah kendalanya 2 atau lebih. Secara umum penyajian metode simpleks dalam tabel adalah sebagai berikut:

Optimalkan: $z - c_1x_1 - c_2x_2 - \cdots - c_nx_n = 0$

Terhadap:

$a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \cdots + a_{1n}x_n \pm s_1 = b_1,$

$a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \cdots + a_{2n}x_n \pm s_2 = b_2,$

$\vdots \qquad \vdots \qquad \vdots \qquad \vdots$

$a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \cdots + a_{mn}x_n \pm s_m = b_m .$

Langkah-langkah penerapan metode simpleks dengan tabel berkolom variabel dasar adalah sebagai berikut:

1. Rumuskan dan standarisasikan modelnya. Terdapat beberapa ketentuan yang harus diperhatikan, antara lain:
   a. Nilai kanan fungsi tujuan harus nol (0).
   b. Nilai kanan fungsi kendala harus positif. Jika negatif,maka nilai tersebut harus dikalikan -1.
   c. Fungsi kendala dengan tanda “≤“ harus diubah ke bentuk “=“ dengan ditambahkan variabel dasar/*slack/surplus*.
   d. Fungsi kendala dengan tanda “≥“ diubah ke bentuk “≤“ dengan cara dikalikan dengan -1, lalu diubah ke bentuk persamaan dengan ditambahkan variabel dasar. Kemudian karena nilai kanannya negatif, maka dikalikan lagi dengan -1 dan ditambahkan variabel buatan (M).

e. Fungsi kendala denga tanda “=“ harus ditambahkan variabel buatan (M).

2. Susun tabel pertama dengan menetapkan semua variabel buatan sebagai variabel dasar (semua variabel asli sebagai variabel dasar).
3. Tentukan kolom kunci. kolom kunci adalah kolom yang bernilai negatif terkecil dalam kasus maksimasi, atau bernilai positif terbesar dalam kasus minimasi pada baris Z.
4. Tentukan baris kunci. Baris kunci adalah baris yang memiliki perbandingan nilai kanan dan nilai kolom kunci terkecil.
5. Buat tabel berikutnya dengan melakukan transformasi baris-baris tabel, termasuk baris Z sebagai berikut:

   $\text{Baris kunci baru} = \frac{\text{baris kunci lama}}{\text{nilai kunci}}$.

   $\text{Baris baru} = \text{baris lama} - (\text{nilai pada kolom kuncinya} \times$
   $\text{baris baru nilai kunci})$.
6. Lakukan pengujian optimalitas dengan mengulangi langkah ke-3 saampai ke-6 sehingga semua koefisien variabel dasar pada baris Z sudah tidak ada lagi yang negatif (untuk kasus maksimasi) atau sudah tidak ada lagi yang positif (untuk kasus minimasi) (Dumairy, 1999).

Contoh 2.2

Diberikan persoalan program linier untuk mencari X_1 dan X_2 dengan memaksimalkan fungsi tujuan sebagai berikut:

$f = 40X_1 + 30X_2$

Dengan kendala:

$2X_1 + 3X_2 \leq 60,$

$2X_2 \leq 30,$

$2X_1 + X_2 \leq 40,$

Dan,

$X_1, X_2 \geq 0$

Persoalan program linier pada contoh 2.2 dapat diselesaikan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Rumuskan dan standarisasikan modelnya. Contoh 2.2 perlu dirubah ke dalam bentuk kanonik dengan mencari X_1, X_2, s_1, s_2 dan s_3. Dan memaksimalkan

   $2X_1 + 3X_2 + s_1 = 60,$

   $2X_2 + s_2 = 30,$

   $2X_1 + X_2 + s_3 = 40,$

   Saat,

   $X_1, X_2, s_1, s_2, s_3 \geq 0$

2. Masukkan semua nilai pada fungsi ke dalam tabel simpleks. Bentuk kanonik dari contoh 2.2 selanjutnya dimasukkan ke dalam Tabel 2.2

Tabel 2.2 Tabel Awal Simpleks

	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	b	R
Z	-40	-30	0	0	0	0	
X_3	2	3	1	0	0	60	30
X_4	0	2	0	1	0	30	∞
X_5	2	1	0	0	1	40	20

3. Melakukan Uji Opimalisasi

Persoalan pada Contoh 2.2 di atas, kondisi optimal tercapai saat nilai pada baris $Z \geq 0$. Pada Tabel 2.2 di atas terlihat bahwa pada baris Z masih ada yang bernilai negatif, sehingga kondisi optimal belum terpenuhi.Maka perlu dilakukan perbaikan tabel.

4. Memperbaiki tabel

Memperbaiki tabel dilakukan dengan tahapan sebagai berikut:

a) Menentukan “kolom kunci” yaitu X_1 karena memiliki nilai Z terkecil yaitu -40.

b) Menentukan “baris kunci” yaitu X_3 karena memiliki nilai R terkecil yaitu 20.

3. Mengubah nilai-nilai baris pada baris kunci.

Buat tabel berikutnya dengan melakukan transformasi baris-baris tabel, termasuk baris Z cara membagi seluruh nilai-nilai baris kunci dengan nilai kunci (nilai kunci diperoleh dari angka yang berpotongan dari kolom kunci dan baris kunci).

$\text{Baris kunci baru} = \frac{\text{baris kunci lama}}{\text{nilai kunci}}.$

X_1	1	0,5	0	0	0,5	20	

6. Mengubah seluruh nilai-nilai selain pada baris kunci

$\text{Baris baru} = \text{baris lama} - (\text{nilai pada kolom kuncinya} \times$

$\text{baris baru nilai kunci}).$

Baris X_3

	2	3	1	0	0	60	
(2)	1	0,5	0	0	0,5	20	
X_3	0	2	1	0	-1	20	

Baris X_4

	0	2	0	1	0	30	
(0)	1	0,5	0	0	0,5	20	
X_4	0	2	0	1	0	30	

Baris Z

	-40	-30	0	0	0	0	
(-40)	1	0,5	0	0	0,5	20	
Z	0	-10	0	0	20	800	

Sehingga diperoleh tabel simpleks yang baru yaitu Tabel 2.3

Tabel 2.3 Tabel Simpleks Iterasi ke-1

	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	b	R
X_3	0	2	1	0	-1	20	10
X_4	0	2	0	1	0	30	15
X_5	1	0,5	0	0	0,5	20	40
Z	0	-10	0	0	20	800	

Tabel 2.3 belum optimal karena pada baris Z masih ada yang bernilai negatif. Sehingga perlu mengulangi langkah ke-4. Dengan dilakukan perbaikan tabel kembali, maka tersusunlah tabel baru seperti

berikut:

Tabel 2.4 Tabel iterasi ke-2 dari Contoh 2.2

	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	b	R
X_2	0	1	0,5	0	-0,5	10	
X_4	0	0	-1	1	1	10	
X_1	1	0	-0,25	0	0,75	15	
Z	0	0	0	0	15	900	

Pada Tabel 2.4 kondisi optimal telah tercapai, karena nilai pada baris Z tidak ada lagi yang bernilai negatif. Nilai variabel keputusan dari penyelesaian optimal tersebut adalah $X_1 = 15$ dan $X_2 = 10$ dengan nilai fungsi tujuan $f = 900$.

Adakalanya solusi optimal yang dihasilkan dari model program linier dapat berupa bilangan pecahan, sementara dalam beberapa kasus di kehidupan nyata nilai variabel keputusan harus dinyatakan dalam bilangan bulat. Sebagai contoh misal X_1 menyatakan jumlah lemari yang diproduksi dan solusi optimal yang diperoleh adalah $X_1 = 2{,}4$. Meskipun dalam model program linier solusi tersebut merupakan solusi optimal, akan tetapi pada kehidupan nyata jumlah produksi lemari tidak dapat dinyatakan dalam bentuk pecahan. Apabila dilakukan pembulatan secara langsung, misalkan $X_1 = 2$, hal ini tidak benar karena dapat merubah nilai tujuan yang diperoleh secara drastis, misalnya mengingat keuntungan untuk satu lemari sekitar ratusan ribu rupiah. Untuk memperoleh solusi optimal yang berupa bilangan bulat, pada model program linier digunakan *Integer Programming.*

2.3. Program Bilangan Bulat (*Integer Programming*)

Program bilangan bulat adalah suatu bentuk analisis pasca optimal sebuah program linier yang berangkat dari kasus program linier yang menghasilkan bilangan pecahan (Siswanto, 2006). *Integer Programming* menjadi suatu kasus khusus dari program linier dimana semua (atau beberapa) variabel dibatasi sebagai bilangan bulat non-negatif.

Pengertian *Integer Programming* menurut Hayati (2010) adalah program linier dengan variabel bertipe bilangan bulat. *Integer Programming* digunakan untuk memodelkan persoalan yang variabel-variabelnya tidak mungkin berupa bilangan pecahan, seperti variabel yang menyatakan jumlah orang, karena jumlah orang pasti bulat dan tidak mungkin berupa pecahan.

Bentuk umum *integer programming* dapat dirumuskan sebagai berikut:

Maksimumkan: $Z = \sum_{j=1}^{n} c_j \, x_j$,

dengan kendala: $\sum_{j=1}^{n} a_{ij} \, x_j \; (\geq, =, \leq) \; b_i$; $i = 1,2, \dots, m$, $x_j \geq 0$ semua bilangan cacah, $j = 1,2, \dots, n$ di mana a_{ij}, b_i, dan c_j adalah konstanta (Forrest, 2007).

2.4. Metode *Branch and Bound*

Metode *Branch and Bound* dapat digunakan untuk menyelesaikan masalah optimalitas pada program linier yang menghasilkan variabel–variabel keputusan berupa bilangan bulat. Sesuai dengan namanya, metode ini membatasi solusi optimal yang berupa bilangan pecahan dengan membuat cabang atas dan cabang bawah bagi setiap variabel keputusan agar menjadi bilangan bulat sehingga setiap batas tersebut menghasilkan cabang baru (Hartono, 2014).

Adapun langkah-langkah penggunaan metode *branch and bound* yaitu:

1. Menyelesaikan masalah program linier. Dalam menentukan solusi program linier tersebut boleh menggunakan metode simpleks atau metode grafik.
2. *Branching* atau pencabangan, yaitu membagi masalah program linier menjadi beberapa submasalah yang mungkin mengarah ke solusi dengan menambah kendala baru. Misalnya X_1 adalah solusi optimal yang berupa pecahan, maka dibuat dua submasalah baru dengan menambah kendala $X_1 \leq a$ atau $X_1 \geq b$, dimana a adalah bilangan bulat positif terkecil yang paling dekat dengan X_1 sedangkan b adalah bilangan bulat positif terbesar yang paling dekat dengan X_1.
3. *Bounding* atau pembatasan, yaitu menentukan batas atas *(upper bound)* dan batas bawah *(lower bound)* solusi optimal pada submasalah yang mengarah ke solusi. Pada kasus maksimisasi, batas atasnya adalah solusi program linier dari submasalah tersebut, sedangkan batas bawahnya adalah solusi program linier dari submasalah yang semua variabel keputusannya dibulatkan ke bawah berdasarkan metode pembulatan. Pada masalah minimisasi batas bawahnya adalah solusi program linier dari submasalah tersebut sedangkan batas atasnya adalah solusi program linier dari submasalah yang semua variabel keputusannya dibulatkan ke atas berdasarkan metode pembulatan.
4. *Fathoming* atau pengukuran, yaitu melihat submasalah mana yang merupakan penyelesaian atau belum memenuhi syarat *integer* sehingga dilakukan pencabangan selanjutnya.

Pencarian solusi atau pencabangan pada suatu submasalah dihentikan jika:

1. *Infeasible* atau tidak mempunyai daerah layak.
2. Semua variabel keputusan yang harus bernilai bilangan bulat sudah bernilai bilangan bulat
3. Jika batas atas dari sub masalah tersebut tidak lebih besar atau sama dengan batas bawah (pada kasus maksimasi) atau jika batas bawah tidak lebih kecil atau sama dengan batas atas (pada kasus minimasi).

Contoh 2.3

Maksimalkan $2X_1 + 3X_2$

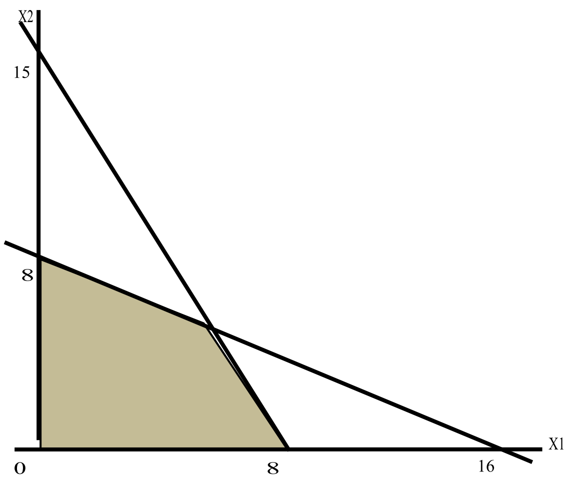
Dengan kendala.

$X_1 + 2X_2 \leq 16$,

$3X_1 + 2X_2 \leq 30$,

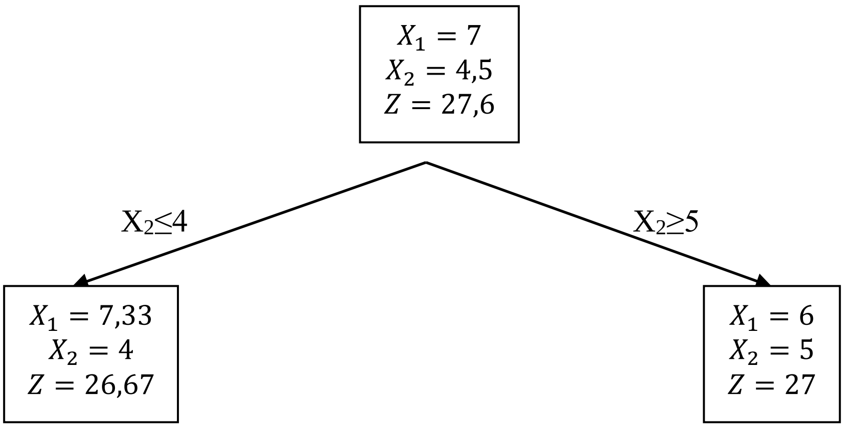
$X_1, X_2 \geq 0$ dan bilangan bulat

Selanjutnya kasus program linier ini diselesaikan dengan metode grafik seperti gambar berikut:



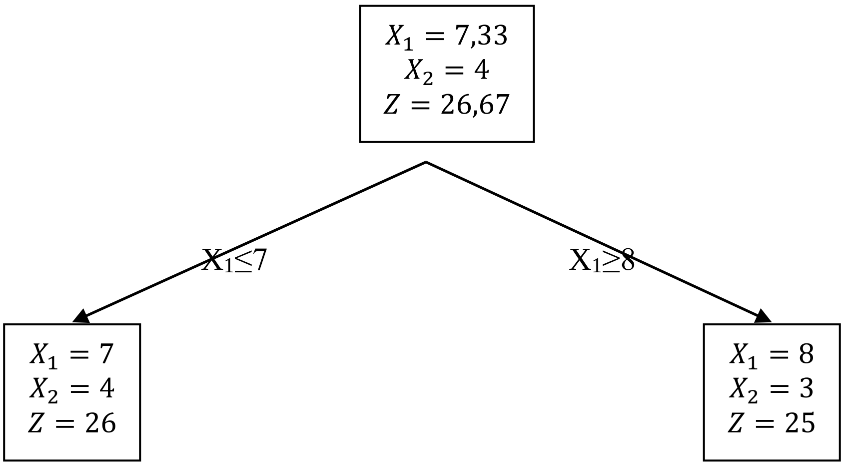
Gambar 2.1 Penyelesaian metode grafik dari Contoh 2.3

Hasil penyelesaian secara grafik menunjukkan bahwa $X_1 = 7$ dan $X_2 = 4{,}5$ akan memberikan $Z_{maks} = 27{,}5$. Karena variabel kendala harus berupa bilangan bulat, maka $X_2 = 4{,}5$ menandai bahwa penyelesaian tersebut belum optimal. Oleh karena itu dilakukan beberapa pencabangan agar syarat tersebut terpenuhi. Agar X_2 *integer*, maka nilai X_2 dicabangkan menjadi $X_2 = 4$ dan $X_2 = 5$. Pembatasan nilai X_2 memunculkan dua kemungkinan penyelesaian. Pertama, kemungkinan penyelesaian bila $X_2 \geq 5$ dan kedua, kemungkinan penyelesaian bila $X_2 \leq 4$. Secara lengkap dapat dilihat di bawah ini:



Gambar 2.2 Skema pencabangan X_2

Dari kedua cabang di atas, cabang pertama menurunkan $X_1 = 7{,}33$ dan $X_2 = 4$ yang menghasilkan $Z = 26{,}67$. Dapat dilihat bahwa nilai X_1 bukan *integer* sehingga dikatakan belum memenuhi syarat dan harus dilanjutkan pada iterasi berikutnya. Selanjutnya, cabang kedua sudah memenuhi syarat *integer*, maka tidak perlu melanjutkan analisis. Namun belum diketahui apakah $Z = 27$ adalah solusi maksimal untuk kasus ini. Oleh karena itu, akan dilanjutkan iterasi pada cabang yang pertama. Nilai X_1 *integer* yang mendekati $X_1 = 7{,}33$ adalah $X_1 = 7$ atau $X_1 = 8$. Pembatasan nilai X_1 memunculkan dua kemungkinan penyelesaian. Pertama, kemungkinan solusi bila $X_1 \geq 8$ dan kedua, kemungkinan solusi bila $X_1 \leq 7$.



Gambar 2.3 Skema pencabangan X_1 dalam batas $X_2 \leq 4$

Dari kedua cabang di atas, cabang pertama menurunkan $X_1 = 7$ dan $X_2 = 4$ yang menghasilkan $Z = 26$. Jelas sekali bahwa kedua batas tersebut telah memenuhi syarat. Di cabang yang lain, fungsi kendala $3X_1 + 2X_2 \leq 30$ menyebabkan $X_2 = 3$ sehingga batas $X_1 = 8$ dan $X_2 = 3$ telah memenuhi syarat. Karena kedua cabang dan batas $X_1 \leq 7$ dan $X_1 \geq 8$ telah menghasilkan (X_1, X_2) *integer*, maka analisis kita berhenti disini.

Dalam contoh ini, dapat kita simpulkan bahwa penyelesaian optimal diperoleh pada cabang $X_2 \geq 5$ karena dari cabang tersebut dihasilkan $Z_{maks} = 27$. Hal itu disebabkan karena semua variabel keputusan ($X_1 = 6$ dan $X_2 = 5$) merupakan integer, dan membuat fungsi tujuan (Z_{maks}) menjadi optimal.

Apabila fungsi tujuan menghasilkan nilai optimal yang sama untuk lebih dari satu pasangan variabel, maka kasus ini disebut optimal alternatif. Pada sejumlah model program linier, ruang solusi bisa saja terbuka atau tak terbatas saat nilai variabel meningkat (pada kasus maksimisasi) atau menurun (pada kasus minimisasi) secara tak terbatas tanpa mengganggu suatu pembatas linier. Akibatnya, nilai fungsi tujuannya juga bisa terus meningkat atau terus menurun. Di kondisi lain, juga didapati suatu permasalahan yang tidak ditemukan adanya solusi.

Kelemahan metode *branch and bound* adalah prosedur untuk mencapai hasil optimal sangat panjang. Walaupun metode ini memiliki kekurangan, dapat dikatakan bahwa sampai sekarang, ini adalah metode yang paling sering digunakan untuk menyelesaikan suatu persoalan program *integer* karena hasil yang diperoleh dalam penyelesaian optimal lebih teliti dan lebih efektif dalam menyelesaikan program integer dengan ukuran praktis daripada metode lainnya.

Pada kenyataannya, semua program komersial yang ada didasari oleh metode *branch and bound*. Tetapi, ini bukan berarti bahwa setiap program *integer* bisa dipecahkan dengan metode *branch and bound*. Ini hanya berarti bahwa ketika pilihannya adalah metode *cutting plane* dan metode *branch and bound*, metode kedua ini terbukti lebih baik (Taha, 1996).

2.5. Kajian Integrasi Keislaman Tentang Perencanaan

Metode *Branch and Bound* adalah salah satu metode *integer programming* yang cukup efektif dalam mencari solusi pemasalahan perusahaan dan industri, salah satunya dalam perencanaan produksi. Perencanaan adalah penentuan secara matang tentang hal-hal yang akan dilakukan di masa yang akan datang dalam rangka pencapaian tujuan yang telah ditentukan (Widjaya, 1987). Pentingnya perencanaan dalam berkerja sudah dijelaskan di dalam islam. Perencanaan dalam bidang perekonomian yang dilakukan oleh Nabi Yusuf a.s., saat akan menghadapi masa paceklik dan kelaparan yang akan datang di negeri Mesir adalah salah satu contoh indah dari al-Qur’an. Allah SWT berfirman pada Q.S. Yusuf ayat 47-49 yang berbunyi:

قال تزرعون سبع سنين دأبا ج فما حصدتم فذروه في سنبله إلا قليلا مما تأكلون﴿﴾ ثم يأتي من بعد ذلك سبع شداد يأكلن ما قدمتم لهن إلا قليلا مما تحصنون﴿﴾ ثم يأتي من بعد ذلك عام فيه يغاث الناس و فيه يعصرون﴿﴾

Artinya: “Yusuf berkata, "Supaya kalian bertanam tujuh tahun (lamanya) sebagaimana biasa; maka apa yang kalian panen hendaklah kalian biarkan dibulirnya, kecuali sedikit untuk kalian makan. Kemudian sesudah itu akan datang tujuh tahun yang amat sulit, yang menghabiskan apa yang kalian simpan untuk menghadapinya (tahun sulit), kecuali sedikit dari (bibit gandum) yang kalian simpan. Kemudian setelah itu akan datang tahun yang padanya manusia diberi hujan (dengan cukup) dan di masa itu mereka memeras anggur."

Dalam Tafsir Ibnu Katsir dijelaskan bahwa nabi Yusuf a.s. menerangkan ta’bir mimpi raja, seolah-olah beliau menyampaikan kepada raja dan pembesar-pembesarnya, bahwa kelak akan datang musim subur dan banyak hujan kepada mereka selama tujuh tahun berturut-turut. “Sapi” dita'birkan dengan tahun karena sapilah yang biasanya dipakai untuk membajak tanah untuk menghasilkan tanam-tanaman dan buah-buahan, yaitu bulir-bulir gandum yang hijau (subur).

Kemudian nabi Yusuf a.s. memberikan pengarahan kepada mereka mengenai apa yang harus mereka kerjakan selama tujuh tahun yang penuh dengan segala kemakmuran dan keamanan itu. Maka hendaknya mereka menggalakkan rakyat untuk bercocok tanam dalam masa tujuh tahun itu. Hasil dari tanaman itu harus disimpan, gandum disimpan dengan tangkai-tangkainya supaya tahan lama. Sebagian kecil dikeluarkan untuk dimakan sekadar keperluan saja.

Musim paceklik selama tujuh tahun berturut-turut yang mengiringi musim-musim subur adalah ibarat sapi-sapi kurus yang memakan sapi-sapi yang gemuk. Karena pada musim paceklik semua persediaan makanan yang mereka kumpulkan di musim subur habis mereka konsumsi.

Kemudian nabi Yusuf a.s. memberitakan kepada mereka bahwa selama tujuh tahun musim paceklik itu tidak ada suatu tumbuh-tumbuhan pun yang dapat tumbuh, semua tanaman yang mereka semaikan tidak akan menghasilkan sesuatupun, ternak habis musnah, udara panas, musim kemarau panjang, sumber-sumber air menjadi kering dan rakyat menderita kekurangan makanan. Semua persediaan makanan akan habis, kecuali tinggal sedikit untuk dijadikan benih

Selanjutnya nabi Yusuf menyampaikan berita gembira kepada mereka bahwa sesudah musim paceklik itu akan datang tahun-tahun yang subur. Pada tahun-tahun itu banyak hujan turun, seluruh negeri menjadi subur serta menghasilkan panen yang berlimpah, dan orang-orang kembali membuat perasan anggur, buah zaitun, dan lain lain seperti biasanya.

Berdasarkan ayat tersebut, kita ketahui bahwa perencanaan dalam menghadapi ‘masa-masa kelaparan’, dengan menggunakan segala upaya dan sumber daya yang ada dengan sebaik-baiknya, yaitu menyimpan hasil panen yang melimpah selama tujuh tahun untuk menghadapi tujuh tahun berikutnya di masa paceklik sambil menanti tahun tahun kemakmuran karena diturunkannya hujan dengan cukup (Akmansyah, 2020).

BAB III

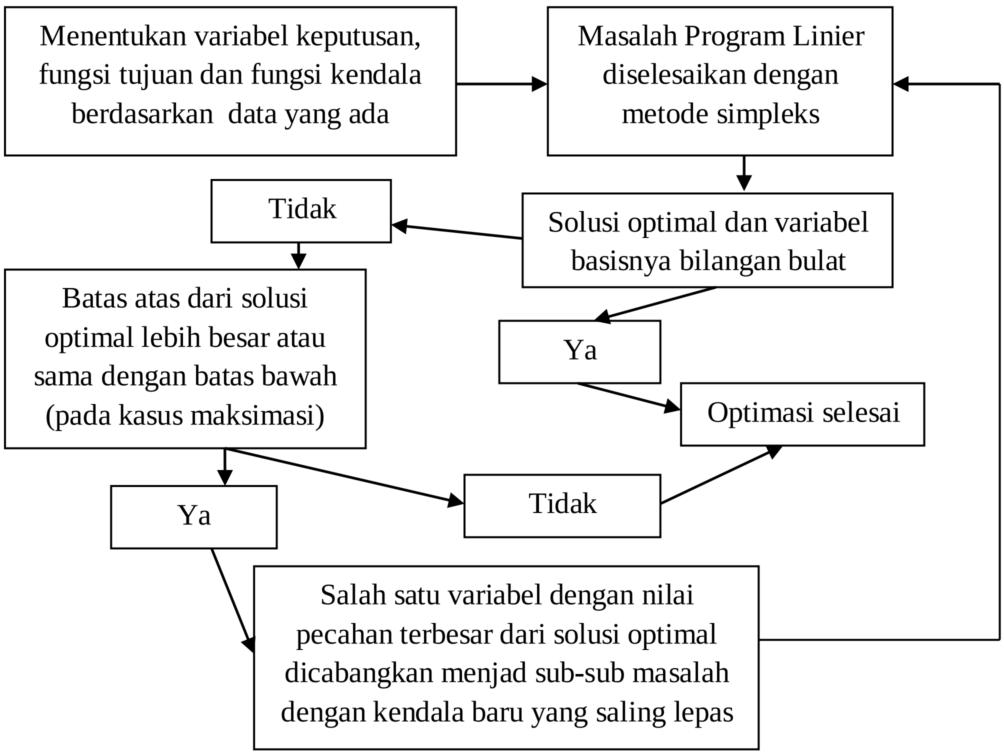
METODE PENELITIAN

3.1. Sumber Data

Penelitian ini menggunakan pengambilan data primer produksi batu bata putih dari Kerajinan Bapon “M Mukit” yang bertempat di Bukit Jadih Kampung Jakan Parseh Socah Bangkalan. Data tersebut diambil pada bulan Januari tahun 2020. Dalam melakukan penelitian ini hasil pengamatan yang penulis dapatkan adalah proses produksi, jenis produk, biaya upah tenaga kerja, kas pemilik lahan, biaya peralatan, biaya bahan bakar, biaya angkut, harga jual dan keuntungan.

3.2. Analisis Data

Data dikumpulkan dan dianalisis dengan langkah-langkah seperti dinyatakan pada diagram alur penelitian berikut ini:



Gambar 3.1 Diagram Alur Penelitian

3.3. Data

Berikut adalah data yang diambil dari Kerajinan Bapon "M Mukit" pada bulan Januari tahun 2020:

Tabel 3.1 Jenis Produk

No	Jenis Produk	Definisi
1	Batu bata "Bhator"	Ukuran 24×36×72 cm^3
2	Batu bata "Bhetah"	Ukuran 8×12×24 cm^3
3	Batu bata "Sendhi"	Ukuran 24×24×48 cm^3
Total produksi harian		6,2×5×0,5 cm^3

Sumber: Kerajinan Bapon "M Mukit"

Tabel 3.2 Biaya Upah Tenaga Kerja Harian dan Kas Pemilik Lahan

No	Jenis Produk	Upah Tenaga Kerja	Kas Pemilik lahan
1	Batu bata "Bhator"	Rp. 8.500 per buah	Rp. 4.000 per buah
2	Batu bata "Bhetah"	Rp. 110.000 per seribu buah	Rp. 8.000 per seribu buah
3	Batu bata "Sendhi"	Rp. 3.000 per buah	Rp. 450 per buah
Total harian		Rp. 1.108.000	Rp. 242.000

Sumber: Kerajinan Bapon "M Mukit"

Tabel 3.3 Biaya Peralatan Harian dan Biaya Bahan Bakar

No	Jenis Produk	Biaya Peralatan	Biaya Bahan Bakar
1	Batu bata "Bhator"	Rp. 1.500 per buah	Rp. 1.000 per buah
2	Batu bata "Bhetah"	Rp. 500 per seribu buah	Rp. 9.500 per seribu buah
3	Batu bata "Sendhi"	Rp. 400 per buah	Rp. 200 per buah
Total harian		Rp. 96.000	Rp. 104.000

Sumber: Kerajinan Bapon "M Mukit"

Tabel 3.4 Biaya Angkut Harian

No	Jenis Produk	Biaya Angkut
1	Batu bata "Bhator"	Rp. 10.000 per pick up (isi 20 buah)
2	Batu bata "Bhetah"	Rp. 10.000 per pick up (isi 580 buah)
3	Batu bata "Sendhi"	Rp. 10.000 per pick up (isi 40 buah)
Total biaya harian		Rp. 120.000

Sumber: Kerajinan Bapon "M Mukit"

Tabel 3.5 Harga Jual dan Keuntungan

No	Jenis Produk	Harga Jual	Keuntungan
1	Batu bata “Bhator“	Rp. 20.000 per buah	Rp. 4.500 per buah
2	Batu bata “Bhetah“	Rp. 260.000 per seribu buah	Rp. 115.000 per seribu buah
3	Batu bata “Sendhi“	Rp. 6.000 per buah	Rp. 1.700 per buah

Sumber: Kerajinan Bapon “M Mukit”

Tabel 3.6 Jumlah Produksi Harian

No	Jenis Produk	Jumlah Produksi Harian
1	Batu bata “Bhator“	50 buah
2	Batu bata “Bhetah“	5000 buah
3	Batu bata “Sendhi“	30 buah

Sumber: Kerajinan Bapon “M Mukit”

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Perumusan Data ke dalam Model Matematika

Data tentang jenis produk, waktu produksi, jumlah tenaga kerja, harga jual, biaya produksi dan keuntungan diformulasikan ke dalam model matematika, sehingga dapat diketahui berapa banyak jumlah batu bata yang harus diproduksi. Penulis membentuk permasalahan tersebut ke dalam model matematika dengan tujuan untuk memaksimalkan laba produksi batu bata putih. Berikut adalah data yang diambil dari Kerajinan Bapon “M Mukit” pada bulan Januari tahun 2020:

1. Tahapan Proses Produksi
   a. Pembersihan lahan dari batu-batu keras dan rumput
   b. Pengukuran lahan yang akan dikerjakan
   c. Pengirisan dan pemotongan batu
   d. Pendistribusian kepada konsumen
2. Variabel Keputusan
   X_1 = Batu bata “bhator”
   X_2 = Batu bata “bhata”
   X_3 = Batu bata “sendhi”
3. Fungsi Tujuan

   Koefisien fungsi tujuan merupakan laba dalam setiap produk batu bata yang diperoleh dari hasil produksi. Nilai keuntungan diperoleh dari selisih antara harga jual dengan biaya produksi.

Tabel 4.1 Harga Jual dan Keuntungan

No	Jenis Produk	Harga Jual	Biaya Produksi	Keuntungan
1	Batu bata “Bhator“	Rp. 20.000 per buah	Rp. 15.500 per buah	Rp. 4.500 per buah
2	Batu bata “Bhetah“	Rp. 260.000 per seribu buah	Rp. 145.000 per seribu buah	Rp. 115.000 per seribu buah
3	Batu bata “Sendhi“	Rp. 6.000 per buah	Rp. 4.300 per buah	Rp. 1.700 per buah

Sumber: Kerajinan Bapon “M Mukit” setelah diolah

Berdasarkan tabel 4.1 dapat dibentuk persamaan sebagai berikut:

Maksimalkan: $Z = 4500X_1 + 115X_2 + 1700X_3$ (4.1)

4. Kendala Masalah

a. Bahan baku

Tabel 4.2 Jenis Produk

No	Jenis Produk	Definisi
1	Batu bata “Bhator“	Ukuran $24\times36\times72$ cm^3
2	Batu bata “Bhetah“	Ukuran $8\times12\times24$ cm^3
3	Batu bata “Sendhi“	Ukuran $24\times24\times48$ cm^3
Total produksi harian		$6{,}2\times5\times0{,}5$ cm^3

Sumber: Kerajinan Bapon “M Mukit”

Berdasarkan tabel 4.2 dapat dibentuk persamaan sebagai berikut:

$62208X_1 + 2304X_2 + 27648X_3 \leq 15500000$ (4.2)

b. Upah tenaga kerja dan kas pemilik lahan

Tabel 4.3 Biaya Upah Tenaga Kerja dan Kas Pemilik Lahan Harian

No	Jenis Produk	Upah Tenaga Kerja	Kas Pemilik lahan
1	Batu bata “Bhator“	Rp. 8.500 per buah	Rp. 4.000 per buah
2	Batu bata “Bhetah“	Rp. 110.000 per seribu buah	Rp. 8.000 per seribu buah
3	Batu bata “Sendhi“	Rp. 3.000 per buah	Rp. 450 per buah
Total harian		Rp. 1.108.000	Rp. 242.000

Sumber: Kerajinan Bapon “M Mukit”

Berdasarkan tabel 4.3 dapat dibentuk persamaan sebagai berikut:

$8500X_1 + 110X_2 + 3000X_3 \leq 1108000$ (4.3)

$4000X_1 + 8X_2 + 450X_3 \leq 242000$ (4.4)

c. Biaya peralatan dan biaya bahan bakar

Tabel 4.4 Biaya Peralatan Harian dan Biaya Bahan Bakar

No	Jenis Produk	Biaya Peralatan	Biaya Bahan Bakar
1	Batu bata “Bhator“	Rp. 1.500 per buah	Rp. 1.000 per buah
2	Batu bata “Bhetah“	Rp. 500 per seribu buah	Rp. 9.500 per seribu buah
3	Batu bata “Sendhi“	Rp. 400 per buah	Rp. 200 per buah
Total harian		Rp. 96.000	Rp. 104.000

Sumber: Kerajinan Bapon “M Mukit”

Berdasarkan tabel 4.4 dapat dibentuk persamaan sebagai berikut:

$$1500X_1 + 0{,}5X_2 + 400X_3 \leq 96000 \quad (4.5)$$

$$1000X_1 + 9{,}5X_2 + 200X_3 \leq 104000 \quad (4.6)$$

d. Biaya angkut

Tabel 4.5 Biaya Angkut Harian

No	Jenis Produk	Biaya Angkut
1	Batu bata “Bhator“	Rp. 10.000 per pick up (isi 20 buah)
2	Batu bata “Bhetah“	Rp. 10.000 per pick up (isi 580 buah)
3	Batu bata “Sendhi“	Rp. 10.000 per pick up (isi 40 buah)
Total biaya harian		Rp. 120.000

Sumber: Kerajinan Bapon “M Mukit”

Berdasarkan tabel 4.5 dapat dibentuk persamaan sebagai berikut:

$$500X_1 + 17X_2 + 250X_3 \leq 120000 \quad (4.7)$$

4.2. Pengolahan Data

Model matematika yang telah dibuat kemudian akan diolah dengan program linier menggunakan metode Simpleks. Langkah-langkah metode Simpleks adalah sebagai berikut:

1. Mengubah fungsi tujuan dan fungsi kendala.

Fungsi tujuan : $Z - (4500X_1 + 115X_2 + 1700X_3) = 0$

Fungsi kendala :

$62208X_1 + 2304X_2 + 27648X_3 + X_4 = 15500000$

$8500X_1 + 110X_2 + 3000X_3 + X_5 = 1108000$

$4000X_1 + 8X_2 + 450X_3 + X_6 = 242000$

$1500X_1 + 0{,}5X_2 + 400X_3 + X_7 = 96000$

$1000X_1 + 9{,}5X_2 + 200X_3 + X_8 = 104000$

$500X_1 + 17X_2 + 250X_3 + X_9 = 120000,$

2. Menyusun persamaan-persamaan ke dalam tabel

Tabel 4.6 Tabel Simpleks Pertama

	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8	X_9	b	R
Z	-4500	-115	-1700	0	0	0	0	0	0	0	0
X_4	62208	2304	27648	1	0	0	0	0	0	15500000	249,16
X_5	8500	110	3000	0	1	0	0	0	0	1108000	130,35
X_6	4000	8	450	0	0	1	0	0	0	242000	60,5
X_7	1500	0,5	400	0	0	0	1	0	0	96000	64
X_8	1000	9,5	200	0	0	0	0	1	0	104000	104
X_9	500	17	250	0	0	0	0	0	1	120000	240

3. Menentukan kolom kunci

Kolom kunci adalah kolom yang bernilai negatif terkecil pada baris Z. Dalam hal ini, terpilih kolom X_1 dengan nilai -4500.

X_1
-4500
62208
8500
4000
1500

1000
500

4. Memilih baris kunci

Baris kunci adalah baris yang memiliki perbandingan nilai kanan dan nilai kolom kunci terkecil. Dalam hal ini, terpilih baris X_6 dengan nilai 60,5.

X_6	4000	8	450	0	0	1	0	0	0	242000	60,5

5. Mengubah nilai-nilai baris pada baris kunci.

Buat tabel berikutnya dengan melakukan transformasi baris-baris tabel, termasuk baris Z cara membagi seluruh nilai-nilai baris kunci dengan nilai kunci (nilai kunci diperoleh dari angka yang berpotongan dari kolom kunci dan baris kunci).

Baris kunci baru $= \frac{\text{baris kunci lama}}{\text{nilai kunci}}$.

X_1	1	0,002	0,1125	0	0	0,0002	0	0	0	60,5	

6. Mengubah seluruh nilai-nilai selain pada baris kunci

Baris baru $=$ baris lama $-$ (nilai pada kolom kuncinya $\times$ baris baru nilai kunci).

Baris *Z*

	-4500	-115	-1700	0	0	0	0	0	0	0	
(-4500)	1	0,002	0,1125	0	0	0,0002	0	0	0	60,5	
Z	0	-106	-1193,75	0	0	1,125	0	0	0	272250	

Baris X_4

	62208	2304	27648	1	0	0	0	0	0	15500000	
(62208)	1	0,002	0,1125	0	0	0,0002	0	0	0	60,5	
X_4	0	2179,584	20649,6	1	0	-15,552	0	0	0	11736416	

Baris X_5

	8500	110	3000	0	1	0	0	0	0	1108000	
(8500)	1	0,002	0,1125	0	0	0,0002	0	0	0	60,5	
X_5	0	93	2043,75	0	1	-2,125	0	0	0	593750	

Baris X_7

	1500	0,5	400	0	0	0	1	0	0	96000	
(1500)	1	0,002	0,1125	0	0	0,0002	0	0	0	60,5	
X_7	0	-2,5	231,25	0	0	-0,375	1	0	0	5250	

Baris X_8

	1000	9,5	200	0	0	0	0	1	0	104000	
(1000)	1	0,002	0,1125	0	0	0,0002	0	0	0	60,5	
X_8	0	7,5	87,5	0	0	-0,25	0	1	0	43500	

Baris X_9

	500	17	250	0	0	0	0	0	1	120000	
(500)	1	0,002	0,1125	0	0	0,0002	0	0	0	60,5	
X_9	0	16	193,75	0	0	-0,125	0	0	1	89750	

Sehingga diperoleh tabel simpleks yang baru sebagai berikut:

Tabel 4.7 Tabel Simpleks Baru

	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8	X_9	b	R
Z	0	-106	-1193,75	0	0	1,125	0	0	0	272250	
X_4	0	2179,584	20649,6	1	0	-15,552	0	0	0	11736416	
X_5	0	93	2043,75	0	1	-2,125	0	0	0	593750	
X_1	1	0,002	0,1125	0	0	0,0002	0	0	0	60,5	
X_7	0	-2,5	231,25	0	0	-0,375	1	0	0	5250	
X_8	0	7,5	87,5	0	0	-0,25	0	1	0	43500	
X_9	0	16	193,75	0	0	-0,125	0	0	1	89750	

Tabel 4.2 belum optimal karena masih ada nilai negatif pada baris Z sehingga iterasi masih dilanjutkan dengan mengulangi langkah ke-4. Iterasi akan berhenti ketika semua nilai pada baris Z tidak ada lagi yang bernilai negatif. Sehingga didapat hasil akhir iterasi sebagai berikut :

Tabel 4.8 Tabel Simpleks Akhir

	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8	X_9	b	R
Z	0	0	0	0,0004	0	0,0767	0,7433	0	0	856937,2776	
X_2	0	1	0	0,0004	0	0,0075	-0,0372	0	0	4689,3236	
X_5	0	0	0	-0,0479	1	0,3302	-4,5606	0	0	7635,5503	
X_1	1	0	0	0	0	0,0004	-0,0004	0	0	42,8641	
X_3	0	0	1	0	0	-0,0015	0,0039	0	0	73,3981	
X_8	0	0	0	-0,0035	0	-0,1711	-0,0645	1	0	1907,7397	
X_9	0	0	0	-0,0075	0	0,0541	-0,1654	0	1	499,9415	

Dari hasil iterasi dengan menggunakan metode simpleks didapatkan hasil yang optimal yaitu: $X_1 = 42{,}8641$, $X_2 = 4689{,}3236$ dan $X_3 = 73{,}3981$ dengan

$Z = 856937,2776$. Sehingga batu bata putih yang harus diproduksi dalam sekali produksi adalah sebanyak 42,8641 buah batu bata *Bhator*, 4689,3236 buah batu bata *Bhetah*, dan 73,3981 buah batu bata *Sendhi*. Namun masalah ini belum valid karena solusi yang dibutuhkan adalah solusi berupa bilangan bulat. Selanjutnya akan digunakan metode *Branch and Bound* agar solusi yang dihasilkan berupa bilangan bulat.

4.3. Analisis Metode *Branch and Bound*

Langkah pertama yang dilakukan adalah menentukan batas atas dan batas bawah (*bounding)*. Hasil yang diperoleh sebelumnya yaitu $X_1 = 42,8641$, $X_2 = 4689,3236$ dan $X_3 = 73,3981$ dengan $Z = 856937.2776$ belum menjadi solusi yang valid karena $X_1, X_2, X_3,$ dan Z bukan bilangan *integer*. Namun nilai $Z = 858274,2185$ yang menjadi batas atas. Dengan metode pembulatan ke bawah, diperoleh $X_1 = 42$, $X_2 = 4689$ dan $X_3 = 73$ dengan $Z = 852335$. Nilai Z dengan pembulatan ke bawah dijadikan sebagai batas bawah.

Setelah batas atas dan batas bawah ditentukan, maka selanjutnya melakukan pencabangan (*branching*) dengan memilih variabel keputusan yang memiliki nilai pecahan terbesar. Pecahan terbesar berada pada X_1 yaitu sebesar 42,8641, maka dicabangkan menjadi submasalah 1 dan sub-masalah 2 dengan tambahan kendala untuk submasalah 1 yaitu $X_1 \leq 42$ dan untuk sub-masalah 2 yaitu $X_1 \geq 43$. Sehingga diperoleh :

Iterasi 1

a. Sub-Masalah 1

Maksimalkan : (4.1)

Dengan kendala : (4.2), (4.3), (4.4), (4.5), (4.6), (4.7), $X_1 \leq 42$

b. Sub-Masalah 2

Maksimalkan : (4.1)

Dengan kendala : (4.2), (4.3), (4.4), (4.5), (4.6), (4.7), $X_1 \geq 43$

Dengan menggunakan metode simpleks diperoleh hasil sebagai berikut:

Sub-Masalah 1 : $X_1 = 42$, $X_2 = 4673{,}5336$ dan $X_3 = 76{,}6581$ dengan $Z = 856775{,}1005$

Sub-Masalah 2 : $X_1 = 43$, $X_2 = 4703{,}0897$ dan $X_3 = 71{,}9451$ dengan $Z = 856661{,}937$

Selanjutnya diperhatikan nilai solusi (Z) dari masing-masing sub-masalah apakah lebih dari nilai batas atas atau kurang dari nilai batas bawah. Karena jika nilai solusi yang diperoleh lebih besar dari nilai batas atas, maka solusi tersebut akan menghasilkan kendala melebihi persediaan yang ada. Sedangkan jika nilai solusi yang diperoleh lebih kecil dari nilai batas bawah, maka solusi tersebut tidak optimal.

Nilai solusi dari sub-masalah 1 dan sub-masalah 2 tidak lebih besar dari nilai batas atas atau tidak lebih kecil dari nilai batas bawah, dan juga nilai variabel keputusan sub-masalah 1 dan 2 masih ada yang tidak *integer*. Oleh karena itu, sub-masalah 1 dan 2 dapat dicabangkan ke dalam sub-masalah selanjutnya.

Pemilihan sub-masalah yang dicabangkan terlebih dahulu dilhat dari solusi program linier yang terbesar dan pencabangan berhenti saat solusi optimal program linier terakhir sudah tidak lebih besar dari solusi optimal program *integer*.

Iterasi 2

Sub-masalah 1 memiliki batas atas (BA) dan batas bawah (BB) sebagai berikut:

BA = 856775,1005 dengan $X_1 = 42$, $X_2 = 4673{,}5336$ dan $X_3 = 76{,}6581$

BB = 85595 dengan $X_1 = 42$, $X_2 = 4673$ dan $X_3 = 76$

Karena pecahan terbesar terletak pada X_3 yaitu sebesar 76,6581 maka tambahan kendala untuk sub-masalah 3 adalah $X_3 \leq 76$ dan untuk sub-masalah 4 adalah $X_3 \geq 77$. Sehingga diperoleh :

a. Sub-Masalah 3

Maksimalkan : (4.1)

Dengan kendala : (4.2), (4.3), (4.4), (4.5), (4.6), (4.7), $X_1 \leq 42$, $X_3 \leq 76$

b. Sub-Masalah 4

Maksimalkan : (4.1)

Dengan kendala : (4.2), (4.3), (4.4), (4.5), (4.6), (4.7), $X_1 \leq 42$, $X_3 \geq 77$

Dengan menggunakan metode simpleks, diperoleh hasil sebagai berikut:

Sub-Masalah 3 : $X_1 = 42,\ X_2 = 4681{,}4306$ dan $X_3 = 76,$ dengan $Z = 856564{,}5139$

Sub-Masalah 4 : $X_1 = 41{,}9094,\ X_2 = 4671{,}8775$ dan $X_3 = 77$ dengan $Z = 856758{,}0909$

Nilai solusi dari sub-masalah 3 dan 4 tidak lebih kecil dari batas bawah atau lebih besar dari batas atas, serta nilai variabel keputusan sub-masalah 3 dan 4 masih ada yang tidak *integer*, maka sub-masalah 3 dan 4 dapat dicabangkan ke dalam sub-masalah selanjutnya.

Iterasi 3

Sub-masalah 4 memiliki batas atas (BA) dan batas bawah (BB) sebagai berikut:

BA = 856758,0909 dengan $X_1 = 41{,}9094$, $X_2 = 4671{,}8775$ dan $X_3 = 77$

BB = 852565 dengan $X_1 = 41$, $X_2 = 4671$ dan $X_3 = 77$

Karena pecahan terbesar terletak pada X_1 yaitu sebesar 41,9094 maka tambahan kendala untuk sub-masalah 5 adalah $X_1 \leq 41$ dan untuk sub-masalah 6 adalah $X_1 \geq 42$. Sehingga diperoleh :

a. Sub-Masalah 5

Maksimalkan : (4.1)

Dengan kendala : (4.2), (4.3), (4.4), (4.5), (4.6), (4.7), $X_1 \leq 41$, $X_3 \geq 77$

b. Sub-Masalah 6

Maksimalkan : (4.1)

Dengan kendala : (4.2), (4.3), (4.4), (4.5), (4.6), (4.7), $X_1 = 42$, $X_3 \geq 77$

Dengan menggunakan metode simpleks, diperoleh hasil sebagai berikut:

Sub-Masalah 5 : $X_1 = 41$, $X_2 = 4655{,}2594$ dan $X_3 = 80{,}4309$, dengan $Z = 856587{,}4101$

Sub-Masalah 6 : $X_1 = 42$, $X_2 = 4400$ dan $X_3 = 77$, dengan $Z = 825900$

Nilai variabel keputusan sub-masalah 5 masih ada yang tidak *integer*, maka sub-masalah 5 dapat dicabangkan ke dalam sub-masalah selanjutnya. Sedangkan nilai solusi sub-masalah 6 memiliki variabel keputusan yang semua bertipe *integer* sehingga tidak dicabangkan lagi.

Iterasi 4

Sub-masalah 2 memiliki batas atas (BA) dan batas bawah (BB) sebagai berikut:

BA = 856661,937 dengan $X_1 = 43$, $X_2 = 4703{,}0897$ dan $X_3 = 71{,}9451$

BB = 855045 dengan $X_1 = 43$, $X_2 = 4703$ dan $X_3 = 71$

Karena pecahan terbesar terletak pada X_3 yaitu sebesar 71,9451 maka tambahan kendala untuk sub-masalah 7 adalah $X_3 \leq 71$ dan untuk sub- masalah 8 adalah $X_3 \geq 72$. Sehingga diperoleh :

a. Sub-Masalah 7

Maksimalkan : (4.1)

Dengan kendala : (4.2), (4.3), (4.4), (4.5), (4.6), (4.7), $X_1 \geq 43$, $X_3 \leq 71$

b. Sub-Masalah 8

Maksimalkan : (4.1)

Dengan kendala : (4.2), (4.3), (4.4), (4.5), (4.6), (4.7), $X_1 \geq 43$, $X_3 \geq 72$

Dengan menggunakan metode simpleks, diperoleh hasil sebagai berikut:

Sub-Masalah 7 : $X_1 = 43{,}0884$, $X_2 = 4712{,}0434$ dan $X_3 = 71$, dengan $Z = 856482{,}8503$

Sub-Masalah 8 : $X_1 = 43$, $X_2 = 4700$ dan $X_3 = 72$, dengan $Z = 856400$

Nilai variabel keputusan sub-masalah 7 masih ada yang tidak *integer*, maka sub-masalah 7 dapat dicabangkan ke dalam sub-masalah selanjutnya. Sedangkan nilai solusi sub-masalah 8 memiliki variabel keputusan yang semua bertipe *integer* sehingga tidak dicabangkan lagi.

Iterasi 5

Sub-masalah 5 memiliki batas atas (BA) dan batas bawah (BB) sebagai berikut:

BA = 856587,4101 dengan $X_1 = 41, X_2 = 4655{,}2594$ dan $X_3 = 80{,}4309$

BB = 855825 dengan $X_1 = 41, X_2 = 4655$ dan $X_3 = 80$

Karena pecahan terbesar terletak pada X_3 yaitu sebesar 80,4309 maka tambahan kendala untuk sub-masalah 9 adalah $X_3 \leq 80$ dan untuk sub- masalah 10 adalah $X_3 \geq 81$. Sehingga diperoleh :

a. Sub-Masalah 9

Maksimalkan : (4.1)

Dengan kendala : (4.2), (4.3), (4.4), (4.5), (4.6), (4.7), $X_1 \leq 41$, $X_3 \geq 77$, $X_3 \leq 80$

b. Sub-Masalah 10

Maksimalkan : (4.1)

Dengan kendala : (4.2), (4.3), (4.4), (4.5), (4.6), (4.7), $X_1 \leq 41$, $X_3 \geq 81$

Dengan menggunakan metode simpleks, diperoleh hasil sebagai berikut:

Sub-Masalah 9 : $X_1 = 41$, $X_2 = 4660{,}4306$ dan $X_3 = 80$, dengan $Z = 856449{,}5139$

Sub-Masalah 10 : $X_1 = 40{,}8492$, $X_2 = 4652{,}5039$ dan $X_3 = 81$, dengan $Z = 856559{,}1$

Nilai solusi dari sub-masalah 9 dan 10 tidak lebih kecil dari batas bawah atau lebih besar dari batas atas, serta nilai variabel keputusan sub-masalah 9 dan 10 masih ada yang tidak *integer*, maka sub-masalah 9 dan 10 dapat dicabangkan ke dalam sub-masalah selanjutnya.

Iterasi 6

Sub-masalah 3 memiliki batas atas (BA) dan batas bawah (BB) sebagai berikut:

BA = 856564,5139 dengan $X_1 = 42$, $X_2 = 4681{,}4306$ dan $X_3 = 76$

BB = 856515 dengan $X_1 = 42$, $X_2 = 4681$ dan $X_3 = 76$

Karena pecahan terbesar terletak pada X_2 yaitu sebesar 4681,4306 maka tambahan kendala untuk sub-masalah 11 adalah $X_2 \leq 4681$ dan untuk sub-masalah 12 adalah $X_2 \geq 4682$. Sehingga diperoleh :

a. Sub-Masalah 11

Maksimalkan : (4.1)

Dengan kendala : (4.2), (4.3), (4.4), (4.5), (4.6), (4.7), $X_1 \leq 42$, $X_3 \leq 76$, $X_2 \leq 4681$

b. Sub-Masalah 12

Maksimalkan : (4.1)

Dengan kendala : (4.2), (4.3), (4.4), (4.5), (4.6), (4.7), $X_1 \leq 42$, $X_3 \leq 76$, $X_2 \geq 4682$

Dengan menggunakan metode simpleks, diperoleh hasil sebagai berikut:

Sub-Masalah 11 : $X_1 = 42$, $X_2 = 4681$ dan $X_3 = 76$ dengan $Z = 856515$

Sub-Masalah 12 : $X_1 = 42$, $X_2 = 4682$ dan $X_3 = 75{,}9525$, dengan $Z = 856549{,}3287$

Nilai solusi sub-masalah 11 memiliki variabel keputusan yang semua bertipe *integer* sehingga tidak dicabangkan lagi. Sedangkan nilai variabel keputusan sub-masalah 12 masih ada yang tidak *integer*, maka sub-masalah 12 dapat dicabangkan ke dalam sub-masalah selanjutnya.

Iterasi 7

Sub-masalah 10 memiliki batas atas (BA) dan batas bawah (BB) sebagai berikut:

BA = 856559,1 dengan $X_1 = 40{,}8492$, $X_2 = 4652{,}5039$ dan $X_3 = 81$

BB = 852680 dengan $X_1 = 40$, $X_2 = 4652$ dan $X_3 = 81$

Karena pecahan terbesar terletak pada X_1 yaitu sebesar 40,8492 maka tambahan kendala untuk sub-masalah 13 adalah $X_1 \leq 40$ dan untuk sub-masalah 14 adalah $X_1 \geq 41$. Sehingga diperoleh :

a. Sub-Masalah 13

Maksimalkan : (4.1)

Dengan kendala : (4.2), (4.3), (4.4), (4.5), (4.6), (4.7), $X_1 \leq 40$, $X_3 \geq 81$

b. Sub-Masalah 14

Maksimalkan : (4.1)

Dengan kendala : (4.2), (4.3), (4.4), (4.5), (4.6), (4.7), $X_1 = 41$, $X_3 \geq 81$

Dengan menggunakan metode simpleks, diperoleh hasil sebagai berikut:

Sub-Masalah 13 : $X_1 = 40$, $X_2 = 4636{,}9853$ dan $X_3 = 84{,}2038$, dengan $Z = 856399{,}7198$

Sub-Masalah 14 : $X_1 = 41$, $X_2 = 4200$ dan $X_3 = 81$ dengan $Z = 805200$

Nilai variabel keputusan sub-masalah 13 masih ada yang tidak *integer*, maka sub-masalah 13 dapat dicabangkan ke dalam sub-masalah selanjutnya. Sedangkan nilai solusi sub-masalah 14 memiliki variabel keputusan yang semua bertipe *integer* sehingga tidak dicabangkan lagi.

Iterasi 8

Sub-masalah 12 memiliki batas atas (BA) dan batas bawah (BB) sebagai berikut:

BA = 856549,3287 dengan $X_1 = 42$, $X_2 = 4682$ dan $X_3 = 75{,}9525$

BB = 854930 dengan $X_1 = 42$, $X_2 = 4682$ dan $X_3 = 75$

Karena pecahan terbesar terletak pada X_3 yaitu sebesar 75,9525 maka tambahan kendala untuk sub-masalah 15 adalah $X_3 \leq 75$ dan untuk sub-masalah 16 adalah $X_3 \geq 76$. Sehingga diperoleh :

a. Sub-Masalah 15

Maksimalkan : (4.1)

Dengan kendala : (4.2), (4.3), (4.4), (4.5), (4.6), (4.7), $X_1 \leq 42$, $X_3 \leq 75$, $X_2 \geq 4682$

b. Sub-Masalah 16

Maksimalkan : (4.1)

Dengan kendala : (4.2), (4.3), (4.4), (4.5), (4.6), (4.7), $X_1 \leq 42$, $X_3 = 76$, $X_2 \geq 4682$

Dengan menggunakan metode simpleks, diperoleh hasil sebagai berikut:

Sub-Masalah 15 : $X_1 = 42$, $X_2 = 4693{,}4306$ dan $X_3 = 75$, dengan $Z = 856244{,}5139$

Sub-Masalah 16 : $X_1 = 41{,}9789$, $X_2 = 4682$ dan $X_3 = 76$, dengan $Z = 856535{,}0926$

Nilai solusi dari sub-masalah 15 dan 16 tidak lebih kecil dari batas bawah atau lebih besar dari batas atas, serta nilai variabel keputusan sub-masalah 15 dan 16 masih ada yang tidak *integer*, maka sub-masalah 15 dan 16 dapat dicabangkan ke dalam sub-masalah selanjutnya.

Iterasi 9

Sub-masalah 16 memiliki batas atas (BA) dan batas bawah (BB) sebagai berikut:

BA = 856535,0926 dengan $X_1 = 41{,}9789$, $X_2 = 4682$ dan $X_3 = 76$

BB = 852130 dengan $X_1 = 41$, $X_2 = 4682$ dan $X_3 = 76$

Karena pecahan terbesar terletak pada X_1 yaitu sebesar 41,9789 maka tambahan kendala untuk sub-masalah 17 adalah $X_1 \leq 41$ dan untuk sub-masalah 18 adalah $X_1 \geq 42$. Sehingga diperoleh :

a. Sub-Masalah 17

Maksimalkan : (4.1)

Dengan kendala : (4.2), (4.3), (4.4), (4.5), (4.6), (4.7), $X_1 \leq 41$, $X_3 = 76$, $X_2 \geq 4682$

b. Sub-Masalah 18

Maksimalkan : (4.1)

Dengan kendala : (4.2), (4.3), (4.4), (4.5), (4.6), (4.7), $X_1 = 42$, $X_3 = 76$, $X_2 \geq 4682$

Dengan menggunakan metode simpleks, diperoleh hasil sebagai berikut:

Sub-Masalah 17 : $X_1 = 41$, $X_2 = 4708{,}4306$ dan $X_3 = 76$, dengan $Z = 855169{,}5139$

Sub-Masalah 18 : Tidak ada solusi optimal

Nilai solusi dari sub-masalah 17 tidak lebih kecil dari batas bawah atau lebih besar dari batas atas, serta nilai variabel keputusan sub-masalah 17 masih ada yang tidak *integer*, maka sub-masalah 17 dapat dicabangkan ke dalam sub-masalah selanjutnya. Sedangkan pada sub-masalah 18 tidak ditemukan solusi optimal karena solusi dari sub-masalah 18 tidak layak (*infeasble*). Hal ini berarti sub-masalah 18 tidak dicabangkan ke dalam sub-masalah baru.

Berdasarkan proses iterasi di atas, solusi sub-masalah terbesar untuk pencabangan selanjutnya adalah sub-masalah 7, yaitu $Z = 856482{,}8503$. Sedangkan solusi optimal program *integer* adalah sub-masalah 11, yaitu $Z = 856515$. Karena solusi optimal program linier terakhir yang masih dapat dicabangkan sudah tidak lebih besar dari solusi optimal program *integer*, maka proses pencabangan dihentikan.

Pentingnya perencanaan dan analisis pasar bisa dilihat melaui model-model bisnis yang dikembangkan oleh Nabi Muhammad SAW dalam mendapatkan laba. Nabi Muhammad SAW adalah seorang yang memahami kondisi pasar dan pandai merespon strategi kompetitor dalam menjalankan manajemen bisnisnya. Salah satu contohnya adalah ketika Rasulullah SAW di Mekkah, para pedagang dari kaum Quraisy berusaha menjatuhkan bisnis beliau dengan menjatuhkan harga dengan tidak wajar. Tetapi beliau bersabar dan menyiasatinya dengan menerapkan hukum *Supply & Demand*.

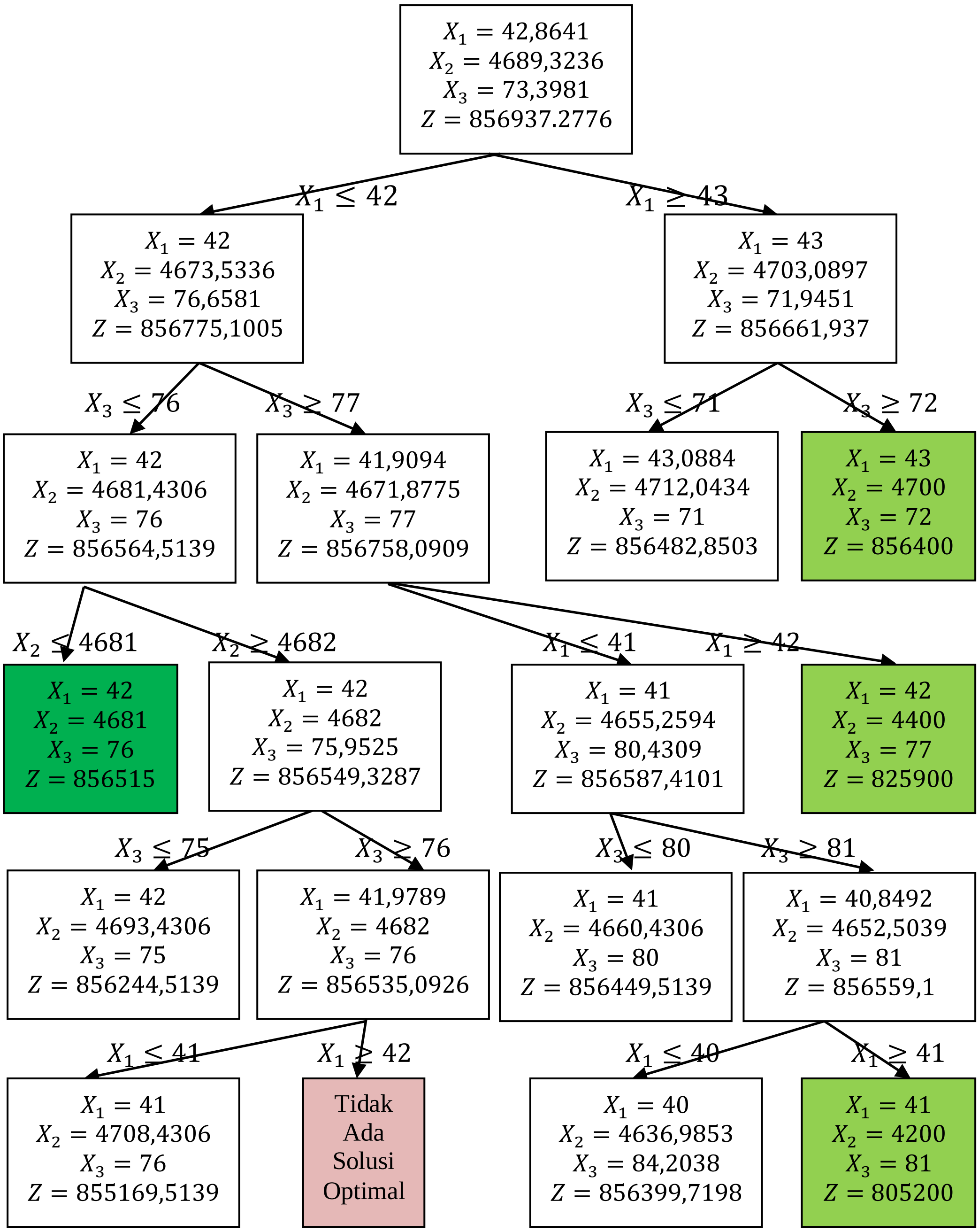
Hingga semua dagangan para kompetitornya habis, beliau baru menjual dagangannya karena beliau tahu bahwa jumlah permintaan (*Demand*) jauh lebih tinggi dari jumlah penawaran (*Supply*) di kota itu. Tak lama kemudian masyarakat kota tersebut membeli barang dagangan beliau dengan harga normal. Ketika rombongan pedagang itu pulang, Mekkah gempar. Semua pedagang rugi akibat banting harga kecuali Rasulullah SAW yang untung besar. Itulah kejelian melihat, menganalisis, dan memahami pasar hingga menguasai pasar yang ada.

Dalam manajemen modern, perencana harus mengidentifikasi batasan-batasan sumber daya untuk mencapai tujuan. Kemudian mereka harus membuat keputusan tentang tindakan terbaik berupa rumusan langkah-langkah yang diperlukan dan memastikan pelaksanaan yang efektif dari rencana untuk mencapai tujuan. Akhirnya, mereka harus terus mengevaluasi keberhasilan rencana dan mengambil tindakan korektif bila diperlukan (Akmansyah, 2020).

Proses pencabangan dapat dilihat sebagai berikut:

Tabel 4.9 Tabel Proses Iterasi

Iterasi	Sub-masalah	Fungsi Tujuan	Hasil	Solusi *Integer* Terbesar
1	Solusi awal	856937,2776	Sub-masalah 1 dan 2	-
2	1	856775,1005	Sub-masalah 3 dan 4	-
3	4	856758,0909	Sub-masalah 5 dan 6	825900
4	2	856661,937	Sub-masalah 7 dan 8	856400
5	5	856587,4101	Sub-masalah 9 dan 10	856400
6	3	856564,5139	Sub-masalah 11 dan 12	856515
7	10	856559,1	Sub-masalah 13 dan 14	856515
8	12	856549,3287	Sub-masalah 15 dan 16	856515
9	16	856535,0926	Sub-masalah 17 dan 18	856515



Keterangan:
Putih: masih bisa dicabangkan
Merah: solusi tidak layak
Hijau muda: solusi blangan bulat
Hijau tua: solusi bilangan bulat terbesar

Gambar 4.1 Skema Pencabangan

Dari hasil perhitungan dengan metode *Branch and Bound* maka diambil dengan nilai optimal terbesar yakni $\boldsymbol{Z = 856515}$ dengan masing-masing jumlah batu bata putih yang optimal diproduksi yaitu 42 buah batu bata "Bhator", 4681 buah batu bata “Bhetah“,dan 76 buah batu bata “Sendhi“. Daftar lengkap dari solusi sub masalah dapat dilihat dari tabel berikut:

Tabel 4.10 Tabel Solusi Sub-Masalah

No	*Fathoming*	Fungsi Tujuan	Layak/Tidak Layak
Awal	$X_1 = 42{,}8641$, $X_2 = 4689{,}3236$ dan $X_3 = 73{,}3981$	856937,2776	
1	$X_1 = 42$, $X_2 = 4673{,}5336$ dan $X_3 = 76{,}6581$	856775,1005	Layak
2	$X_1 = 43$, $X_2 = 4703{,}0897$ dan $X_3 = 71{,}9451$	856661,937	Layak
3	$X_1 = 42$, $X_2 = 4681{,}4306$ dan $X_3 = 76$	856564,5139	Layak
4	$X_1 = 41{,}9094$, $X_2 = 4671{,}8775$ dan $X_3 = 77$	856758,0909	Layak
5	$X_1 = 41$, $X_2 = 4655{,}2594$ dan $X_3 = 80{,}4309$	856587,4101	Layak
6	$X_1 = 42$, $X_2 = 4400$ dan $X_3 = 77$	825900	Layak
7	$X_1 = 43{,}0884$, $X_2 = 4712{,}0434$ dan $X_3 = 71$	856482,8503	Layak
8	$X_1 = 43$, $X_2 = 4700$ dan $X_3 = 72$	856400	Layak
9	$X_1 = 41$, $X_2 = 4660{,}4306$ dan $X_3 = 80$	856449,5139	Layak
10	$X_1 = 40{,}8492$, $X_2 = 4652{,}5039$ dan $X_3 = 81$	856559,1	Layak
11	$X_1 = 42$, $X_2 = 4681$ dan $X_3 = 76$	856515	Layak
12	$X_1 = 42$, $X_2 = 4682$ dan $X_3 = 75{,}9525$	856549,3287	Layak
13	$X_1 = 40$, $X_2 = 4636{,}9853$ dan $X_3 = 84{,}2038$	856399,7198	Layak
14	$X_1 = 41$, $X_2 = 4200$ dan $X_3 = 81$	805200	Layak
15	$X_1 = 42$, $X_2 = 4693{,}4306$ dan $X_3 = 75$	856244,5139	Layak
16	$X_1 = 41{,}9789$, $X_2 = 4682$ dan $X_3 = 76$	856535,0926	Layak
17	$X_1 = 41$, $X_2 = 4708{,}4306$ dan $X_3 = 76$	855169,5139	Layak
18	Tidak ada solusi optimal		Tidak Layak

4.4. Perbandingan Keuntungan

Perbandingan keuntungan perusahaan dan keuntungan yang diperoleh dengan metode *Branch and Bound* adalah sebagai berikut:

Tabel 4.11 Perbandingan Keuntungan

No	Tipe	Perusahaan		*Branch and Bound*	
		Jumlah Produksi	Keuntungan	Jumlah Produksi	Keuntungan
1	X_1	50	Rp. 225.000	42	Rp. 189.000
2	X_2	5000	Rp. 575.000	4681	Rp.538.315
3	X_3	30	Rp. 51.000	76	Rp. 129.200
Total		5080	Rp. 851.000	4799	Rp. 856.515

Dengan menggunakan metode *Branch and Bound*, keuntungan perusahaan meningkat sebesar Rp 5.515 atau sebesar 0,65%. Laba dalam Islam tidak hanya berpatokan pada bagaimana memaksimalkan nilai kuantitas laba tersebut, akan tetapi juga adanya keselarasan dengan nilai kualitas yang diharapkan secara keberanfaatan dan keberkahan. Laba yang diperbolehkan dalam Islam adalah laba yang didapatkan secara wajar dan tidak mengurangi hak-hak kedua belah pihak yang bertransaksi jual beli yang berpotensi merugikan.

Untuk mendapatkan laba yang bersih dari unsur riba dan kecurangan, Islam menentukan prinsip dasar dalam mekanisme transaksinya sebagai berikut:

a. Prinsip *an taradhin* dalam bertransaksi adalah proses yang terjadi ketika barang yang akan dijual jelas kepemilikannya, tidak termasuk barang yang diharamkan, serta jelas pula penetapan harganya.

b. Prinsip *taawun* dalam bertransaksi adalah laba yang diperoleh bukan semata-mata untuk kepentingan pribadi sang penjual, tetapi juga diharapkan dapat memberikan manfaat kepada sesama dan menutupi kebutuhan masyarakat (Arisandy, 2015).

BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Dari uraian dan perhitungan analisa, maka dapat disimpulkan:

1. Penyelesaian masalah optimalisasi laba pada industri tambang batu bata putih menggunakan metode *Branch and Bound* melalui langkah-langkah berikut: (1) Memodelkan masalah dengan menentukan variabel keputusan, fungsi tujuan dan fungsi kendala. (2) Menghitung nilai variabel keputusan dengan menggunakan metode simpleks pada program linier. (3) Menentukan batas atas *(upper bound)* dan batas bawah *(lower bound)* solusi optimal pada submasalah yang mengarah ke solusi. (4) Membagi masalah program linier menjadi beberapa submasalah yang mungkin mengarah ke solusi dengan menambah kendala baru. (5) Melihat submasalah mana yang merupakan penyelesaian atau belum memenuhi syarat *integer* sehingga dilakukan pencabangan selanjutnya. Proses Pencabangan ini tetap dilanjutkan sampai semua nilai variabel keputusan bernilai bulat dan *feasible.*
2. Hasil analisis menggunakan metode *Branch and Bound* menyatakan bahwa untuk mendapatkan laba optimal, perusahaan harus memproduksi batu bata putih sebanyak 42 buah batu bata “Bhator“, 4681 buah batu bata “Bhetah“,dan 76 buah batu bata “Sendhi“ sehingga menghasilkan keuntungan sebesar Rp. 856.515 per hari.

5.2. Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, ada beberapa saran untuk peneliti berikutnya:

1. Hasil dari penelitian ini dapat menjadi bahan pertimbangan dan informasi tambahan bagi perusahaan dalam menetapkan rencana produksi agar keuntungan yang diperoleh lebih meningkat.
2. Penggunaan metode *Branch and Bound* pada penelitian ini dilakukan dengan cara manual. Sehingga untuk peneliti selanjutnya dapat menggunakan software lain seperti QM, LINDO, dll
3. Fungsi tujuan yang digunakan peneliti masalah *Integer Programming* ini yaitu memaksimalkan keuntungan yang diperoleh. Sehingga untuk peneliti selanjutnya dapat menambahkan fungsi tujuan dengan minimasi biaya produksi atau bahan baku.
4. Fungsi kendala pada penelitian ini hanya terbatas pada jumlah tenaga kerja, waktu dan biaya yang dibutuhkan untuk produksi. Sehingga pada penelitian selanjutnya dapat ditambahkan kendala yang lain, seperti jumlah bahan baku, dll.
5. Penyelesaian masalah *Integer Programming* pada penelitian ini dilakukan dengan metode *Branch and Bound.* Sehingga untuk peneliti selanjutnya dapat menggunakan metode lain seperti *Gomory Cut (Cutting Plane)* dll.
6. Pada penelitian ini hanya membahas mengenai *Integer Programming* dengan metode *Branch and Bound* dan penerapannya pada industri tambang batu bata putih. Sehingga untuk peneliti selanjutnya bisa

mengaplikasikan metode tersebut di bidang lain, seperti bidang teknologi, ekonomi dll.

7. Disarankan untuk memilih percabangan dari nilai optimal yang lebih mendekati batas atas karena nilai optimal yang mendekati batas atas lebih memungkinkan untuk mendapatkan variabel keputusan yang integer dengan solusi optimal.

DAFTAR PUSTAKA

Akmansyah, M. (2020). *Perencanaan dalam Perspektif Manajemen Islam*. Al Idarah Jurnal Kependidikan Islam. Vol 10 No 2. UIN Raden Intan Lampung

Angeline, dkk. (2014). *Penerapan Metode Branch and Bound dalam Menentukan Jumlah Produksi Optimum pada CV. XYZ.* Saintia Matematika USU

Anton, Howard, dkk. (1988). *Penerapan Aljabar Linier*. Jakarta: Erlangga

Arisandy, Yosy. (2015). *Manajemen Laba dalam Perspektif Islam*. Jurnal Ilmiah Mizani. Vol. 2 No. 2 IAIN Bengkulu

AW, Widjaya. (1987). *Perencanaan sebagai Fungsi Manajemen*. Jakarta: PT Bina Aksara

Dumairy. (1999). *Matematika Terapan untuk Bisnis dan Ekonomi*. Yogyakarta: BPFE UGM

Forrest, John, dkk. (2007). *Branch And Bound, Integer, And Non-Integer Programming.* New York: Springer Science

Hartono, Widi, dkk. (2014). *Integer Programming dengan Pendekatan Metode Branch and Bound untuk Optimasi Sisa Material Besi (Waste) Pada Plat Lantai (Studi Kasus: Pasar Espabales Banjarsari Surakarta).* Jurnal Matriks Teknik Sipil. Vol.2 No.2. UNS

Hayati, Enty N. (2010). *Aplikasi Algoritma Branch and Bound untuk Menyelesaikan Integer Programming*. Jurnal Dinamika Teknik. Vol.4 No.1. Unisbank

Lewis, Catherine. (2008). *Linear Programming: Theory and Applications. Introduction to Program*. Texas: University of Texas.

Nur, Wahyudin, dkk. (2016). *Penggunaan Metode Branch and Bound dan Gomory Cut dalam Menentukan Solusi Integer Linear Programming.* Jurnal Saintifik. Vol. 2 No. 1. Unsulbar

Purba, Rivelson. (2012). *Penerapan Logika Fuzzy pada Program Linear*. Prosiding, Seminar Nasional. Yogyakarta: FMIPA UNY

Rawwas Qal'ahjiy. (1998). *Mu'jam Lughah al-Fuqaha'*. Beirut: Dar an-Nafa'is

Siswanto. (2006). *Operations Research*. Jakarta: Penerbit Erlangga

Taha, Hamdy A. (1996). *Operations Research: An Introduction*. Jakarta: Binarupa Aksara

RIWAYAT HIDUP

Achmad Syaddad Mutawakkil Alallah, lahir di kota Denpasar pada tanggal 21 Desember 1996, tinggal di Kaseman Parseh Socah Bangkalan. Anak kedua dari 2 bersaudara pasangan Bapak H. Muh Sirojuddin dan Hj. Siti Amaliyah. Pendidikan dasarnya ditempuh di SDN 01 Burneh dan lulus pada tahun 2009, setelah itu melanjutkan ke MTsN Model Bangkalan dan lulus pada tahun 2012. Kemudian dia melanjutkan pendidikannya ke MAN Bangkalan dan lulus tahun 2015 sekaligus sebagai lulusan terbaik sekolahnya. Selanjutnya, dia menempuh kuliah di UIN Maulana Malik Ibrahim Malang mengambil Jurusan Matematika melalui jalur SNMPTN. Selama menjadi mahasiswa, dia berperan aktif pada organisasi intra dan ekstra kampus dalam rangka mengembangkan kompetensi akademiknya. Dia pernah menjadi wakil ketua Himpunan Mahasiswa Jurusan (HMJ) Matematika pada periode 2017/2018. Selain itu dia pernah menjadi Musyrif di Ma‘had Sunan Ampel Al-Aly selama 3 tahun, yaitu pada periode 2016/2017, 2017/2018, dan 2018/2019. Prestasi yang pernah diraih di antaranya Juara II Kompetisi Sains Madrasah bidang Matematika tingkat MA se-Kabupaten Bangkalan tahun 2013 dan Juara I Kompetisi Sains Madrasah bidang Matematika tingkat MA se-Kabupaten Bangkalan tahun 2014.

KEMENTERIAN AGAMA RI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI
MAUALANA MALIK IBRAHIM MALANG
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
Jl. Gajayana No. 50 Dinoyo Malang Telp./Fax.(0341)558933

BUKTI KONSULTASI SKRIPSI

Nama : Achmad Syaddad Mutawakkil Alallah
NIM : 15610054
Fakultas/Jurusan : Sains dan Teknologi / Matematika
Judul Skripsi : Analisis Metode *Branch and Bound* pada Optimalisasi Laba Industri Tambang Batu Bata Putih
Pembimbing I : Ari Kusumastuti, M.Pd, M.Si
Pembimbing II : Juhari, M.Si

No	Tanggal	Hal	Tanda Tangan
1	25 April 2020	Konsultasi Bab I dan Bab II	1.
2	24 Juli 2020	Konsultasi Bab II dan Bab III	2.
3	26 Agustus 2020	Revisi Bab I, Bab II dan Bab III	3.
4	28 September 2020	Konsultasi Kajian Keagamaan pada Bab I dan Bab II	4.
5	27 November 2020	Revisi Kajian Keagamaan pada Bab I dan Bab II	5.
6	15 Januari 2021	Konsultasi Bab I V, Bab V dan Kajian Keagamaan pada Bab IV	6.
7	04 Maret 2021	ACC Bab I, Bab II, Bab III, Bab IV, Bab V dan Kajian Keagamaan Bab I, Bab II dan Bab IV	7.
8	16 Maret 2021	Konsultasi Keseluruhan	8.
9	15 April 2021	Revisi Keseluruhan	9.
10	23 April 2021	ACC Keseluruhan	10.

Malang, 01 Mei 2021
Mengetahui,
Ketua Jurusan Matematika

Dr. Usman Pagalay, M.Si
NIP. 19650414 200312 1 001