

Optimasi Produksi *Crumb Rubber* dengan Menggunakan Metode *Branch And Bound*

Vera Devani¹, Novita Andriani Br. Sembiring², Misbahul Wadhiah^{*3}

^{1,2,3}Teknik Industri, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau
Email: 1veradevani@gmail.com, 2novitaandrianisembiring@gmail.com, 3misbahulwadhiah94@gmail.com

Abstrak

Perusahaan yang bergerak dibidang perindustrian pengolahan bahan baku karet yang berasal dari kebun perusahaan dan petani karet. Perusahaan memproduksi produk *crumb rubber* SIR 10 dan *crumb rubber* SIR 20. Tujuan penelitian ini adalah untuk menentukan jenis produk yang akan diproduksi, menentukan keuntungan dari produksi optimal *crumb rubber* dan menentukan batas nilai sensitivitas terhadap solusi optimum yang dicapai. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah Metode *Branch and Bound*. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data bahan baku, HPP (keuntungan), jumlah tenaga kerja dan target dan penjualan tahun 2016. Pengolahan dilakukan dengan metode *Cutting Plane* dan di Analisa dengan Analisa Sensitivitas. Dari hasil penelitian dapat disimpulkan perusahaan dapat memperoleh keuntungan optimum dalam dalam satu kali produksi sebesar Rp. 48.542.120 dan perusahaan mampu memproduksi produk *crumb rubber* SIR 10 satu kali produksi dalam satu hari.

Kata kunci: *Analisa Sensitivitas, Linier Programming, Metode Branch and Bound*

Abstract

Companies engaged in the industrial processing of rubber raw materials originating from company plantations and rubber farmers. The company produces *crumb rubber* products SIR 10 and *crumb rubber* SIR 20. The purpose of this study is to determine the type of product to be produces, determine the benefits of optimal *crumb rubber* production and determine the sensitivity limit to the optimum solution achieved. The method used in this research is the *Branch and Bound Method*. The data used in this study are raw material data, HPP(profit), number of workers and targets and sales in 2016. Processing is carried out by the *Cutting Plane* method and analyzed by *Sensitivity Analysis*. From the results of the study, it can be concluded that the company can obtain optimum profit in a single production of Rp. 48,542,120 and the company is able to produce *crumb rubber* product SIR 10 once a day.

Keywords: *Branch and Bound Method, Linier Programming, Sensitivity Analysis*

1. Pendahuluan

Karet merupakan komoditas perkebunan yang sangat penting peranannya di Indonesia. Lahan perkebunan karet di Indonesia tergolong luas sehingga akan menjadi peluang untuk menjadi produsen karet dunia. Seiring dengan jumlah konsumsi karet dunia yang terus meningkat dan lebih tinggi dari produksi yang ada maka hal ini akan menjadi peluang baik bagi industri karet di Indonesia. Persoalan umum yang dihadapi oleh perusahaan karet adalah bagaimana mengkombinasikan faktor-faktor produksi atau sumber daya yang dimiliki secara bersama dengan tepat agar diperoleh keuntungan maksimal dengan biaya yang minimal.

Untuk menyelesaikan persoalan pengalokasian sumber-sumber yang terbatas diantara beberapa aktivitas yang bersaing, dengan cara yang terbaik yang mungkin dilakukan dengan program linier (Tarlich, 2006). Dengan menggunakan program linier dapat memodelkan produksi sehingga biaya dapat diperkecil dan keuntungan dapat diperbesar.

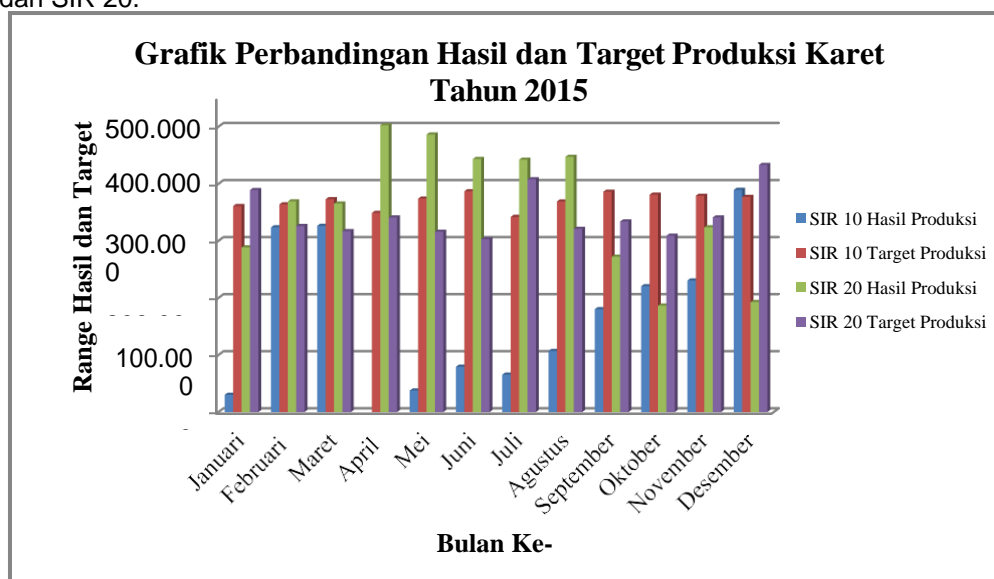
Penelitian sebelumnya yang menggunakan metode *Branch and Bound* sudah banyak dilakukan. Penelitian oleh Sari [1] tentang penentuan rute distribusi. Penelitian ini memberikan 2 skenario usulan pengiriman Pada skenario 1, pengiriman dilakukan sesuai dengan kebijakan pada perusahaan saat ini dengan mencari biaya optimal. Pada skenario 2, permintaan akan dikumpulkan pada hari Jumat dan pengiriman akan dilakukan pada minggu berikutnya.

Penelitian yang dilakukan oleh Purba Sari [2] tentang *integer programming* dalam optimasi jumlah produksi setiap jenis roti pada PT. Arma Anugerah Abadi. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan jumlah masing-masing jenis roti yang akan di produksi. Hasil perhitungan dengan menggunakan metode *Branch and Bound* didapat jumlah produksi harian roti masing-masing 200 roti cokelat, 850 roti cokelat keju, 250 roti kelapa, 500 roti kacang merah, serta 600 roti srikaya sehingga dapat diperoleh pendapatan maksimal sebesar Rp 32.850.000 per hari.

Penelitian yang dilakukan oleh Ayunda, [3] tentang optimalisasi keuntungan dengan *Integer Linier Programming* dan metode *Branch and Bound* pada toko bunga Quinna Story. Permasalahan yang terjadi pada penelitian ini adalah bnetuk sumber daya yang terbatas, kurangnya mesin pemotong otomatis, tenaga kerja dan optimalisasi perencanaan produksi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui cara mengatasi pencarian keuntungan maksimum dari produksi.

Penelitian oleh Azzahrha [4] tentang optimalisasi produksi tahu bertujuan untuk mengoptimalkan jumlah produksi tahu melalui alokasi sumber daya yang tepat untuk mencapai keuntungan usaha yang maksimum. Kesimpulan pada penelitian ini adalah hasil kombinasi produk 37 papan tahu putih dan 75 papan tahu kuning.

Perusahaan ini merupakan salah satu Badan Usaha Milik Negara (BUMN) di provinsi Riau yang merupakan perusahaan yang bergerak di bidang manufaktur. Bahan baku utamanya adalah karet alam yang akan dijadikan produk setengah jadi yang dikenal dengan jenis produk SIR 10 dan SIR 20.



Gambar 1. Perbandingan Hasil dan Target Produksi Karet Tahun 2015

Berdasarkan grafik diatas SIR 10 diketahui tidak mencapai target karena biaya produksi yang cukup tinggi dan bahan baku belum memadai untuk di olah, sedangkan SIR 20 sudah melebihi target sebab bahan baku yang mudah di dapat. Permasalahan yang terjadi pada perusahaan ini adalah perusahaan belum dikatakan optimal karena belum dapat menentukan jumlah produk yang akan diproduksi sehingga perusahaan belum mengetahui jenis produk apa yang akan diproduksi lebih banyak. Dengan menggunakan metode pemrograman linier ini diharapkan agar perusahaan dapat mengoptimalkan tujuan produksi yang ingin dicapai berdasarkan sumber daya yang ada untuk mendapatkan keuntungan yang sebesar-besarnya dengan biaya yang terjangkau.

Dari permasalahan diatas, tujuan pada penelitian ini adalah menentukan jenis produk yang akan di produksi, menentukan keuntungan dari produksi optimal *Crumb Rubber* dan menentukan batas nilai sensitivitas terhadap solusi optimum yang dicapai. Metode yang digunakan adalah Metode *Branch and Bound* adalah sebuah metode bagaimana menghasilkan solusi optimal untuk pemrograman linier yang menghasilkan variabel keputusan bilangan bulat.

Pemrograman linier adalah salah satu teknik yang membantu Anda membuat keputusan optimal tentang mengalokasikan sumber daya yang langka dan terbatas [5]. Sumber daya ini mencakup semua faktor produksi dalam suatu industri atau perusahaan seperti mesin, tenaga kerja, bahan baku, modal, teknologi dan informasi.

Asumsi dalam Program Linier, yaitu [5]:

1. Nilai numerik dari fungsi tujuan dan limit diketahui dengan pasti dan tidak berubah selama penelitian.
2. Fungsi tujuan dan fungsi kendala adalah proporsional
3. *Aditivitas* berarti jumlah semua aktivitas sama dengan jumlah aktivitas individu

4. habis dibagi, perkiraan solusi untuk kondisi tersebut dapat dibagi
5. Semua jawaban atau variable non *negative*

Linear integer atau program linear integer adalah di mana variabel keputusannya adalah bilangan bulat (integer), bentuk umum dari pemrograman linier memiliki persyaratan tambahan bahwa variabel keputusan harus bilangan bulat. Untuk masalah pemrograman linier dalam hal maksimalisasi, tujuan pemrograman bilangan bulat linier tidak pernah melebihi tujuan pemrograman linier.[6]

Metode *Branch and Bound* adalah teknik untuk menemukan solusi untuk masalah ILP dengan menghitung titik-titik dalam wilayah layak dari submasalah. Prosedur ini membatasi solusi optimal yang menghasilkan pecahan dengan membuat cabang atas dan bawah untuk setiap variabel keputusan bernilai pecahan untuk memiliki nilai integer. Setiap kendala dengan demikian menciptakan cabang baru, membentuk pohon pencarian [7].

Metode *branch and bound* menggunakan dua fase:

1. Percabangan membagi masalah menjadi beberapa submasalah dengan menambahkan kendala, yang merupakan kondisi yang diperlukan untuk menemukan solusi bilangan bulat yang layak tanpa mengubah himpunan asli dari solusi bilangan bulat.
2. Batas, yaitu nilai fungsi tujuan dari submasalah dengan solusi bilangan bulat, digunakan sebagai batas untuk nilai fungsi tujuan dari submasalah lainnya.

Berikut adalah langkah-langkah untuk menyelesaikan masalah dengan menggunakan metode *branch and bound*.

1. Selesaikan masalah PL menggunakan metode simpleks tanpa kendala bilangan bulat
2. Periksa solusi optimal. Jika variabel dasar yang diharapkan adalah bilangan bulat, kami telah mencapai solusi optimal. Tetapi jika bukan bilangan bulat, lanjutkan ke langkah 3.
3. Dari setiap variabel, pilih variabel dengan nilai pecahan terbesar (yaitu, pecahan terbesar) dan cabangkan ke dalam submasalah.
4. Buat dua constraint baru pada variabel ini bernama *Constraint* dan *Constraint*.
5. Setelah langkah 1 selesai, solusi untuk batas atas dan bawah adalah solusi dengan variabel keputusan dibulatkan ke atas.
6. Tambahkan kendala baru untuk setiap submasalah dan selesaikan model pemrograman linier. Jika solusi yang diharapkan adalah bilangan bulat, kembali ke langkah 4.
7. Solusi bilangan bulat yang layak (layak) sama dengan atau lebih baik dari batas atas setiap submasalah yang dicari. Ketika solusi seperti itu terjadi, submasalah dengan batas atas terbaik dipilih untuk percabangan.

Analisis sensitivitas dilakukan untuk menganalisis dampak yang terjadi pada solusi optimal terhadap perubahan-perubahan yang terjadi pada koefisien-koefisien batasan model maupun koefisien pada fungsi tujuan. Pada dasarnya perubahan-perubahan yang mungkin terjadi setelah dicapainya penyelesaian optimal terdiri dari beberapa macam seperti koefisien fungsi tujuan, koefisien fungsi batasan, keterbatasan kapasitas sumber, penambahan variabel baru dan penambahan batasan baru [9].

2. Metode Penelitian

Data sangat penting untuk penelitian yang alami dan bertanggung jawab. Pengumpulan data dilakukan melalui survei dan wawancara langsung dengan karyawan Perusahaan. Metode ini sangat akurat dan efektif. Survei memungkinkan perusahaan untuk melihat secara langsung dari awal produksi hingga akhir proses, sehingga data yang diperoleh akan lebih akurat sesuai dengan kebutuhan dan dapat digunakan sebagai acuan perhitungan. Optimalisasi produksi. Data yang dikumpulkan dalam penelitian ini adalah:

1. Profil Perusahaan
2. Jenis produksi *crumb rubber*
3. Target Produksi
4. Waktu proses produksi
5. Jam kerja karyawan
6. Jumlah karyawan
7. Harga penjualan
8. Kapasitas produksi yang tersedia tiap harinya
9. Proses Produksi
10. Jumlah bahan baku dalam *storage*
11. Jumlah bahan baku yang akan diolah

12. Jumlah pallet jadi

Pengolahan data bertujuan untuk menghasilkan suatu nilai atau gambaran yang bisa dimengerti dan dipahami oleh pembaca. Pengolahan data yang dilakukan untuk mengetahui berapa keuntungan optimal yang diperoleh oleh Perusahaan. Perhitungan dilakukan dengan menggunakan metode *Branch and Bound*. Adapun model matematisnya sebagai berikut:

$$Ft maks Z = C_1X_1 + C_2X_2$$

Pembatas:

$$\begin{aligned} a_{11} X_1 + a_{12} X_2 &\leq b_1 \\ a_{21} X_1 + a_{22} X_2 &\leq b_2 \\ a_{31} X_1 + a_{32} X_2 &\leq b_3 \\ a_{41} X_1 + a_{42} X_2 &\leq b_4 \\ a_{51} X_1 + a_{52} X_2 &\leq b_5 \\ a_{61} X_1 + a_{62} X_2 &\leq b_6 \\ a_{71} X_1 + a_{72} X_2 &= b_7 \\ X_1 + X_2 &\geq 0 \end{aligned}$$

Dimana:

C_1	= Keuntungan <i>Crumb Rubber</i> SIR 10	(Rp)
C_2	= Keuntungan <i>Crumb Rubber</i> SIR 20	(Rp)
X_1	= <i>Crumb Rubber</i> SIR 10	
X_2	= <i>Crumb Rubber</i> SIR 20	
a_{11}	= Waktu proses pemecahan dan pencucian SIR 10	(Jam)
a_{12}	= Waktu proses pemecahan dan pencucian SIR 20	(Jam)
a_{21}	= Waktu proses penggilingan SIR 10	(Jam)
a_{22}	= Waktu proses penggilingan SIR 20	(Jam)
a_{31}	= Waktu proses penjemuran (maturasi) SIR 10	(Jam)
a_{32}	= Waktu proses penjemuran (maturasi) SIR 20	(Jam)
a_{41}	= Waktu proses pencacahan (<i>Schreder</i>) SIR 10	(Jam)
a_{42}	= Waktu proses pencacahan (<i>Schreder</i>) SIR 20	(Jam)
a_{51}	= Waktu proses pengeringan (<i>drying</i>) SIR 10	(Jam)
a_{52}	= Waktu proses pengeringan (<i>drying</i>) SIR 20	(Jam)
a_{61}	= Waktu proses <i>packing</i> SIR 10	(Jam)
a_{62}	= Waktu proses <i>packing</i> SIR 20	(Jam)
a_{71}	= Jumlah karyawan SIR 10	(orang)
a_{72}	= Jumlah karyawan SIR 20	(orang)
b_1	= Waktu maksimum pemecahan dan pencucian	(Jam)
b_2	= Waktu maksimum penggilingan	(Jam)
b_3	= Waktu maksimum penjemuran (maturasi)	(Jam)
b_4	= Waktu maksimum pencacahan (<i>schreder</i>)	(Jam)
b_5	= Waktu maksimum pengeringan (<i>drying</i>)	(Jam)
b_6	= Waktu maksimum <i>packing</i>	(Jam)
b_7	= jumlah karyawan	(orang)

3. Hasil dan Analisa

Pengolahan Data Metode Simplek

Crumb Rubber SIR 10 = X_1

Crumb Rubber SIR 20 = X_2

Maksimumkan : $Z = 45.686.700 X_1 + 37.371.930 X_2$

Berdasarkan pembatas :

$$\begin{aligned} 6 X_1 + 7,5 X_2 &\leq 9 \\ 3,7 X_1 + 4,5 X_2 &\leq 9 \\ 264 X_1 + 264 X_2 &\leq 312 \\ 1,8 X_1 + 2,25 X_2 &\leq 3 \\ 6 X_1 + 8,25 X_2 &\leq 9 \\ 1,4 X_1 + 1,8 X_2 &\leq 9 \\ 64 X_1 + 64 X_2 &\leq 68 \\ X_1, X_2 &\geq 0 \end{aligned}$$

Dari data yang ada pada tabel awal simpleks, data selanjutnya di *input* kedalam software QM For Windows 3.1

Variable	Status	Value
X1 (SIR 10)	Basic	1,0625
X2 (SIR 20)	NONBasic	0
slack 1	Basic	2,625
slack 2	Basic	5,0688
slack 3	Basic	31,5
slack 4	Basic	1,0875
slack 5	Basic	2,625
slack 6	Basic	7,5125
slack 7	NONBasic	0
Optimal Value (Z)		48542120

Gambar 2. Linear Programming Result

Berdasarkan gambar diatas maka solusi telah optimal dengan *crumb rubber* SIR 10 (X_1) = 1,0625, *crumb rubber* SIR 20 (X_2) = 0 dan keuntungan optimal (z) = 48.542.120. Artinya, hanya *crumb rubber* SIR 10 saja yang hanya diproduksi di PT.XYZ dengan keuntungan Rp. 48.542.120.

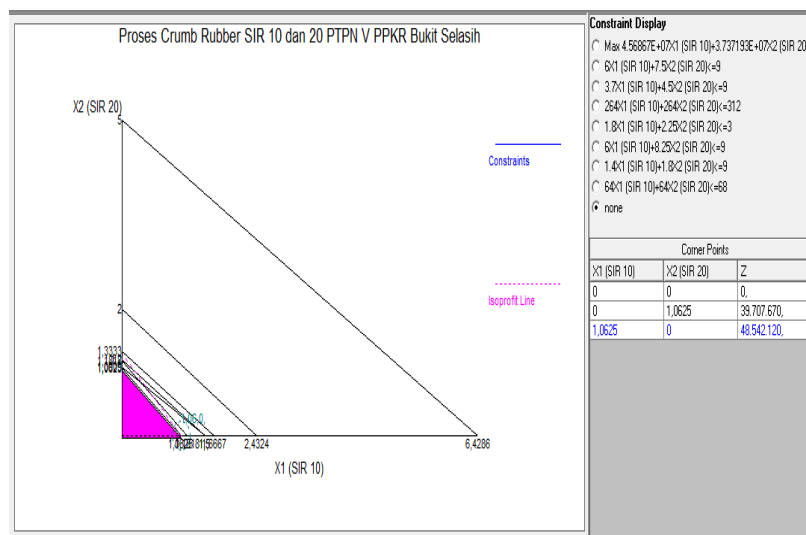
Penyelesaian Menggunakan Metode *Branch and Bound*

Maksimumkan : $Z = 45.686.700 X_1 + 37.371.930 X_2$

Berdasarkan pembatas :

$$\begin{aligned} 6 X_1 + 7,5 X_2 &\leq 9 \\ 3,7 X_1 + 4,5 X_2 &\leq 9 \\ 264 X_1 + 264 X_2 &\leq 312 \\ 1,8 X_1 + 2,25 X_2 &\leq 3 \\ 6 X_1 + 8,25 X_2 &\leq 9 \\ 1,4 X_1 + 1,8 X_2 &\leq 9 \\ 64 X_1 + 64 X_2 &\leq 68 \\ X_1, X_2 &\geq 0, X_1, X_2 \text{ integer} \end{aligned}$$

Penyelesaian LP sama dengan cara penyelesaian pada metode simpleks, sehingga hasil penyelesaian grafik model LP dapat dilihat pada gambar berikut.

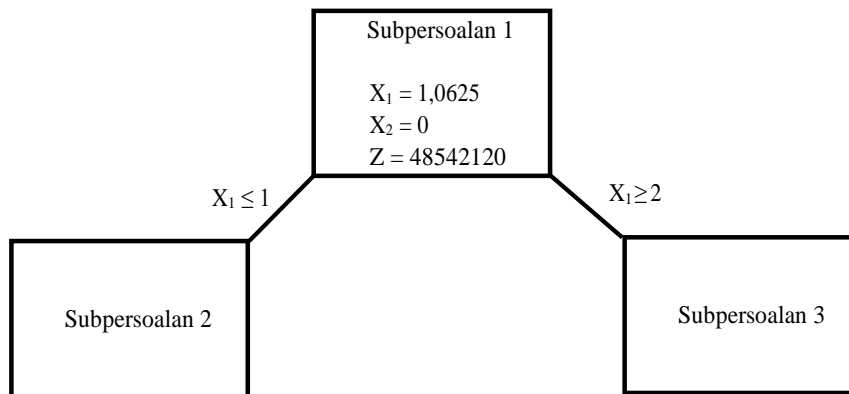


Gambar 3. Grafik model LP

Berdasarkan gambar 3, dapat diketahui bahwa X_1 memiliki solusi optimum yang bernilai pecahan yaitu 1,0625. Dimana titik-titik daerah fisibel untuk persoalan diatas akan berharga:

$$\begin{aligned} \text{Subpersoalan 2} &= \text{sub persoalan 1} + \text{pembatas } X_1 \leq 1 \\ \text{Subpersoalan 3} &= \text{sub persoalan 1} + \text{pembatas } X_1 \geq 2 \end{aligned}$$

Dimana penyelesaian untuk subpersoalan tersebut adalah:



Gambar 4. Subpersoalan

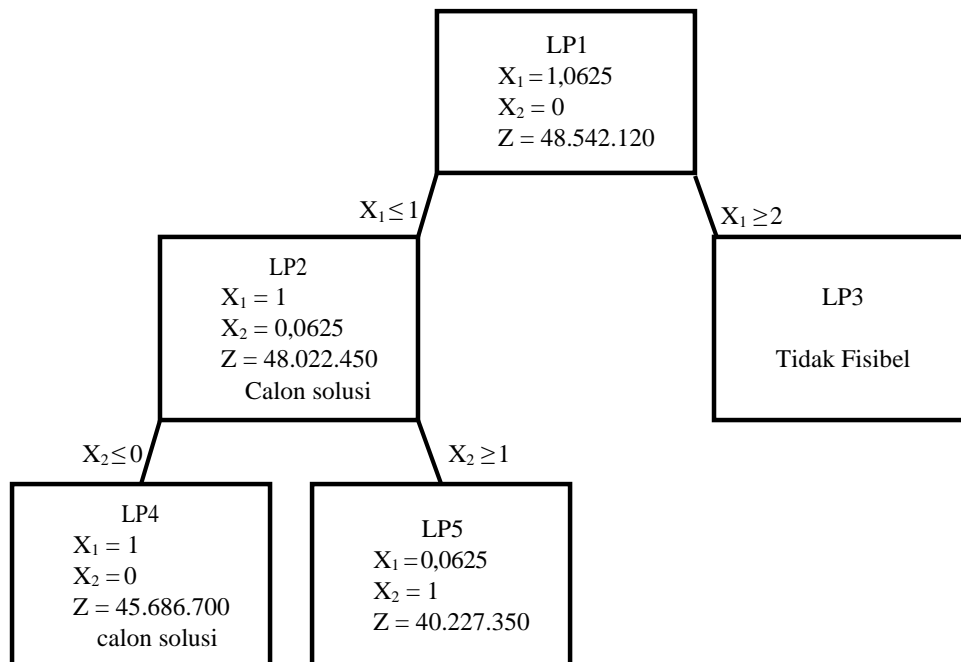
Berdasarkan gambar 4, daerah fisibel dibangun dari pembatas ke-7. Dengan penyelesaian sebagai berikut:

$$Z = 45.686.700 X_1 + 37.371.930 X_2$$

$$64 X_1 + 64 X_2 \leq 68$$

Langkah-langkah untuk menyelesaikan model menggunakan metode *branch and bound* adalah::

1. Memeriksa solusi optimal tabel simpleks. Berdasarkan hasil pengolahan dengan menggunakan *SoftWare QM For Windows 3*, menunjukkan bahwa hanya X_1 menjadi variabel untuk percabangan dengan dua batasan $X_1 \leq 1$ dan $X_1 \geq 2$.
2. Solusi optimal metode simpleks disebut LP1
3. LPI dibentuk dua percabangan yaitu LP2 dengan menambahkan batasan $X_1 \leq 1$ dan LP3 dengan menambahkan batasan $X_1 \geq 2$.



Gambar 5. LP

Berdasarkan Grafik nilai Z LP4 lebih besar dari nilai Z LP5. Maka dari itu, LP4 dipilih sebagai solusi optimum metode *Branch and Bound* dengan hasil *crumb rubber* SIR 10 (X_1) = 1, *crumb rubber* SIR 20 (X_2) = 0 dengan keuntungan optimal (z) yang diperoleh sebesar Rp.

45.686.700. Artinya dalam mencapai keuntungan Rp. 45.686.700, perusahaan harus memproduksi 18.364 kg *crumb rubber* SIR 10 untuk 1 kali produksi.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengolahan dan analisa yang telah dilakukan sebelumnya mengenai penelitian yang dilakukan di Perusahaan dengan memproduksi produk *crumb rubber*, maka dapat diambil kesimpulan dalam menentukan hasil keuntungan optimum yang ingin dicapai sebagai berikut:

1. Berdasarkan pengolahan data, yang akan diproduksi Perusahaan adalah produk *crumb rubber* SIR 10 sebanyak 1 kali produksi dalam sehari dengan keuntungan optimal yang diperoleh sebesar Rp.45.686.700. Artinya dalam mencapai keuntungan Rp.45.686.700, perusahaan memproduksi 18.364 kg *crumb rubber* SIR 10 untuk 1 kali produksi dalam sehari.
2. Dengan menggunakan analisis sensitivitas maka dapat dilihat perubahannya sebagai berikut:
 - a. Perubahan koefisien fungsi tujuan untuk variabel nonbasis.
keuntungan *crumb rubber* SIR 20 yang diperoleh akan tetap optimal jika sebesar Rp. 37.312.192, tetapi jika keuntungan *crumb rubber* SIR 20 lebih besar dari Rp. 37.312.192 maka keuntungan yang diperoleh Perusahaan tidak lagi optimal
 - b. Perubahan koefisien fungsi tujuan untuk variabel basis.
Keuntungan *crumb rubber* SIR 10 yang diperoleh akan tetap optimal jika sebesar Rp. 37.431.791, tetapi jika keuntungan *crumb rubber* SIR 10 lebih besar dari Rp. 37.431.791 maka keuntungan yang diperoleh Perusahaan tidak lagi optimal.
 - c. Perubahan pada ruas kanan pembatas
Keuntungan yang akan diperoleh Perusahaan akan tetap optimal jika jumlah pekerja atau karyawan (b_7) bertambah hingga 75,6363 atau 76 orang. Jika jumlah pekerja atau karyawan (b_7) lebih dari 75,6363 atau 76 orang maka keuntungan Perusahaan tidak lagi optimal.
 - d. Perubahan Kolom Variabel Nonbasis
Keuntungan yang diperoleh sudah optimal, sehingga tidak perlu mengalami penambahan waktu pada proses *crumb rubber* SIR 20. Penambahan waktu produksi pada proses *packing* akan menambah biaya sebesar Rp. 59.738. sehingga keuntungan akan tetap optimal jika variabel basis pada solusi optimal yang lama.

5. Ucapan Terima Kasih

Terima kasih disampaikan kepada perusahaan yang telah berpartisipasi dalam penelitian ini.

Referensi

- [1] G. M. Sari and R. M. Heryanto, "Penentuan Rute Distribusi Menggunakan Model Integer Linear Programming dengan Metode Branch and Bound," *Go-Integratif J. Tek. Sist. Dan Ind.*, vol. 1, no. 01, pp. 69–79, 2020.
- [2] S. D. Purba and F. Ahyansingih, "Integer Programming Dengan Metode Branch and Bound Dalam Optimasi Jumlah Produksi Setiap Jenis Roti Pada PT. Arma Anugerah Abadi," *J. Karismatika*, vol. 6, no. 03, pp. 20–29, 2020.
- [3] A. Zuserain, W. Winarno, B. Nugraha, and A. Momon, "Analisa optimalisasi keuntungan dengan integer linear programming dan metode branch and bound pada toko bunga QuinnaStory," *J. Ind. Serv.*, vol. 6, no. 2, pp. 99–104, 2021.
- [4] F. K. Azzahrha, R. P. Sari, and M. D. R. Fauzi, "Optimalisasi Produksi Tahu Menggunakan Metode Branch and Bound dan Cutting Plane," *STRING (Satuan Tulisan Ris. dan Inov. Teknol.*, vol. 6, no. 2, pp. 175–184, 2021.
- [5] D. T. Syaifuddin, "Riset operasi (aplikasi quantitative analysis for management)," *Malang CV Citra Malang*, 2011.
- [6] P. Novtaria and S. Bahri, "Penyelesaian Masalah Pemograman Linier Bilangan Bulat murni Dengan Metode Reduksi Variabel," *J. Mat. UNAND*, vol. 3, no. 3, pp. 17– 25, 2016.
- [7] Y. N. Rahayu and O. Arifudin, "Program Linier (Teori Dan Aplikasi)," 2020.

- [8] U. Rafflesia and F. H. Widodo, "Pemrograman Linier." Badan Penerbitan Fakultas Pertanian UNIB, 2014.