



**Optimasi Model *Integer Linear Programming* pada Produksi Getuk Goreng
menggunakan Algoritma B&B**

***Optimization of Integer Linear Programming Model on Fried Getuk Production
using B&B Algorithm***

Sesa Tri Lestari, Prodi Matematika FMIPA UNY
Caturiyati*, Prodi Matematika FMIPA UNY
*e-mail: caturiyati@uny.ac.id

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk merumuskan pemodelan matematika dari produksi getuk goreng Nanang Putra dengan *integer linear programming*. Algoritma B&B (*Branch and Bound*) merupakan salah satu metode penyelesaian optimum *integer linear programming* yang menghasilkan variabel-variabel keputusan integer. Berdasarkan hasil penelitian, keuntungan maksimum dalam sehari yang diperoleh produsen getuk goreng Nanang Putra menggunakan algoritma B&B (*Branch and Bound*) adalah sebesar Rp 5.102.704,00 dengan banyaknya produksi getuk goreng varian original sebanyak 200 besek, varian nangka sebanyak 146 besek, dan varian durian sebanyak 254 besek.

Kata kunci: optimasi, produksi, *integer linear programming*, B&B, *branch and bound*.

Abstract

This research aims to formulate mathematical modeling of Nanang Putra's fried getuk production with integer linear programming. The B&B (Branch and Bound) algorithm is one of the integer linear programming optimum solution methods that produce integer decision variables. Based on the results of the study, the maximum profit in a day obtained by the fried getuk producer Nanang Putra using the B&B (Branch and Bound) algorithm is Rp 5.102.704,00 with the amount of production of fried getuk original variant of 200 baskets, jackfruit variant of 146 baskets, and durian variant of 254 baskets.

Keywords: optimization, production, *integer linear programming*, B&B, *branch and bound*.

PENDAHULUAN

Saat ini perkembangan usaha global mulai menggiat, baik di bidang kuliner, bidang tekstil, bidang kerajinan tangan, bidang furnitur, dan lain-lain. Hal tersebut dapat dilihat dari banyaknya usaha baru yang bermunculan setiap tahunnya. Peningkatan jumlah usaha baru yang cukup pesat ini membuat kompetisi antara pelaku usaha ini makin pelik dan ketat. Setiap pelaku usaha harus mampu bersaing agar eksistensi usaha mereka tetap berjalan. Efektivitas dan efisiensi tetap dapat dicapai oleh setiap pelaku usaha dengan selalu meningkatkan performa usaha mereka.

Para pelaku usaha harus mampu melihat peluang usaha sekecil apa pun di setiap kesempatan yang ada. Kegiatan produksi tetap dapat berjalan optimal apabila terdapat strategi efektif yang diterapkan oleh pelaku usaha. Faktor produksi harus diperhatikan pada setiap kegiatan produksi yang dilakukan. Pengoptimalan setiap penggunaan faktor produksi perlu dilakukan agar pelaku usaha dapat menetapkan tingkat produktivitas dan efisiensi dari kegiatan produksi yang dilakukan. Optimal yang dimaksud berupa keuntungan maksimal dan biaya minimal. Hal yang terbaik atau maksimal dalam segala hal akan selalu diupayakan oleh para pelaku industri.

Banyumas adalah salah satu kabupaten yang berada di Provinsi Jawa Tengah. Luas wilayah kabupaten ini sebesar 132.758 hektare yang mencakup 301 desa, 30 kelurahan, dan 27 kecamatan. Letak Kabupaten Banyumas yang strategis menjadikannya salah satu sudut segitiga emas Jawa Tengah di samping Semarang dan Solo sehingga menjadi salah satu kota yang cocok dalam mengembangkan industri kecil menengah, apalagi di dalam Kabupaten Banyumas terdapat panorama yang cukup indah dari Gunung Slamet dan beberapa tempat wisata alam air terjun yang menarik. Banyak orang yang datang menyinggahi Kabupaten Banyumas karena potensi alam yang dimiliki tersebut. Hal tersebut membuat usaha kuliner mempunyai prospek yang sangat menjanjikan bagi warga Banyumas terutama yang warga terletak di sekitar lokawisata. Ada banyak kuliner khas Banyumas diantaranya mendoan, getuk goreng, nopia, soto sokaraja dan lain-lain.

Getuk goreng merupakan kuliner asli khas Sokaraja, Banyumas. Bahan dasar dari getuk goreng adalah singkong dengan tambahan gula merah yang membuat getuk goreng ini menjadi manis dan gurih. Salah satu getuk goreng yang diminati oleh masyarakat Banyumas adalah getuk goreng Nanang Putra. Kebijakan pemerintah yang menaikkan harga barang mentah terkadang menambah biaya produksi sehingga pelaku usaha ini kesusahan menentukan modal perencanaan, bahan pokok, dan jumlah produksi. Hal ini membuat pelaku industri ini tidak memperoleh keuntungan yang maksimal karena keuntungan sulit untuk diprediksi. Oleh karena itu, diperlukan perencanaan yang baik dan metode yang tepat agar dapat memaksimalkan keuntungan.

Optimasi adalah serangkaian proses menemukan solusi optimum dari sebuah permasalahan dengan menggunakan model matematis (Hillier & Lieberman, 2015). Output yang dihasilkan dari sebuah proses produksi selalu berupa satuan tidak mungkin berupa pecahan sehingga diperlukan algoritma agar didapatkan semua output produksi bernilai integer. Begitu pula pada produksi getuk goreng, getuk goreng yang dihasilkan pasti akan integer. Salah satu cara yang dapat digunakan untuk memecahkan masalah optimasi pada produksi getuk goreng agar diperoleh nilai integer yaitu menggunakan *integer linear programming*. *Integer linear programming* merupakan cara yang dipakai untuk menemukan nilai optimum dari sebuah permasalahan matematika dengan menjadikannya bernilai integer (Taha, 2017). Terdapat beberapa cara untuk menemukan solusi dari permasalahan *integer linear programming* antara lain algoritma *cutting plane* dan algoritma *B&B*.

Metode Simpleks merupakan suatu metode yang secara terstruktur dimulai dari suatu solusi yang layak ke solusi yang layak lainnya dan ini dilakukan berulang-ulang (dengan jumlah ulangan yang terbatas) sehingga akhirnya tercapai suatu solusi yang optimal dan pada

setiap langkah menghasilkan suatu nilai dan fungsi tujuan yang selalu lebih besar (lebih kecil) atau sama dari langkah-langkah sebelumnya (Winston, 2004). Metode simpleks merupakan prosedur aljabar yang bersifat iterasi, yang bergerak selangkah demi selangkah, dimulai dari satu titik ekstrem pada daerah layak (ruang solusi) menuju ke titik ekstrem yang optimum (Dimiyati & Dimiyati, 2013). Metode simpleks dapat digunakan sebagai salah satu teknik acuan untuk pengambilan keputusan dalam persoalan yang berhubungan dengan pengalokasian sumber daya secara optimum. Hasil pengerjaan menggunakan metode simpleks dapat berupa integer maupun rasional. Namun dalam proses produksi output yang dihasilkan selalu berupa satuan tidak mungkin berupa pecahan sehingga diperlukan metode lanjutan agar didapatkan semua output produksi bernilai integer.

Menurut Siswanto (2007) algoritma *B&B (Branch and Bound)* adalah sebuah metode untuk menghasilkan penyelesaian optimal dari *linear programming* yang menghasilkan variabel-variabel keputusan integer. Pada penelitian ini akan menggunakan algoritma *B&B (branch and bound)* agar didapatkan nilai optimal dari hasil produksi berupa integer. Menurut Hillier & Lieberman (2015) algoritma *B&B* lebih bersifat umum dibandingkan dengan metode lain karena keakuratannya dalam menentukan solusi *integer linear programming*. Selain itu berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Jannah et al (2020) juga diperoleh hasil bahwa algoritma *B&B* memberikan keuntungan lebih besar dari pada algoritma *cutting plane* pada produksi tahu dan tempe pada Pabrik Tahu Pak Yanto.

Setelah menemukan nilai optimal dari suatu kegiatan produksi yang terdapat di suatu usaha, terkadang terdapat perubahan-perubahan parameter yang tidak terduga. Perubahan parameter tersebut bisa disebabkan karena berbagai kondisi. Salah satu contohnya adalah karena kebijakan pemerintah. Penyebab lain dalam perubahan parameter yang tidak dapat diperkirakan dengan tepat diantaranya kondisi ekonomi, permintaan di masa depan, kerusakan alat produksi, kenaikan harga bahan bakar minyak (BBM), kenaikan biaya bahan mentah, dan sebagainya. Dengan adanya perubahan parameter yang tidak terduga ini, pemilik suatu usaha harus melakukan pengambilan keputusan dengan menganalisis bagaimana caranya agar kegiatan produksi tetap berada pada nilai optimal tanpa melakukan perhitungan dari awal. Langkah tersebut dapat memanfaatkan analisis sensitivitas.

Beberapa penelitian yang menggunakan *integer linear programming* di antaranya penelitian oleh Prihastomo (2020) untuk mengoptimalkan jumlah produksi makanan khas Banyumas yaitu Mino & Nopia. Penelitian oleh Firdaus (2019) menggunakan bantuan *software QM for Windows* pada perencanaan produksi untuk memaksimalkan keuntungan pada konveksi kain kasur. Penelitian menggunakan pendekatan *integer linear programming* dengan algoritma *B&B* juga pernah dilakukan oleh Ayunda et al (2021) untuk mengoptimalkan produksi buket bunga.

Penelitian ini akan menentukan optimasi produksi getuk goreng Nanang Putra dimana penyelesaian menggunakan algoritma *B&B* dan secara keseluruhan akan diselesaikan dengan *software QM for Windows*. *Software QM for Windows* adalah perangkat lunak yang nyaman dan mudah digunakan, tetapi ampuh untuk memecahkan masalah pada bidang manajemen operasional karena terdapat banyak fitur-fitur *module* dengan kegunaan masing-masing seperti masalah *inventory*, *integer programming*, *forecasting*, *game theory*, dsb. Fungsi tujuan dalam model ini yaitu memaksimalkan keuntungan penjualan agar diperoleh banyaknya produksi yang optimum.

METODE

Pada bab metode penelitian menjelaskan mengenai metodologi yang dipakai guna melakukan penelitian yang terdiri atas: jenis penelitian, lokasi penelitian, jenis data, sumber data dan prosedur penelitian. Penelitian ini bisa memberikan rancangan secara menyeluruh mengenai tahapan pada metode penelitian.

A. Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang dipakai pada penelitian ini adalah kuantitatif, dilakukan dengan cara menghimpun data pada angka yang didapatkan dari lapangan.

B. Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian yang digunakan adalah produsen Getuk Goreng Nanang Putra yang terletak di Jalan Raya Karangturi Kecamatan Sumbang, Kabupaten Banyumas, Provinsi Jawa Tengah. Dengan pertimbangan sebagai berikut:

1. Adanya kenaikan harga bahan pokok produksi di produsen getuk goreng yang sangat dinamis sehingga dibutuhkan penerapan analisis sensitivitas yang nantinya dapat mengoptimalkan keuntungan di produsen getuk goreng.
2. Produsen getuk goreng merupakan salah satu industri yang bergerak dibidang makanan oleh-oleh khas Kabupaten Banyumas dan diterima oleh masyarakat sekitar karena harganya yang ekonomis dan juga tepercaya sejak lama.
3. Data – data yang dibutuhkan, yaitu bahan baku, waktu pembuatan, proses pembuatan dan biaya operasional.

C. Jenis dan Sumber Data

Data primer merupakan jenis data yang dipakai dalam penelitian ini. Data yang diperoleh, yaitu bahan baku produksi, waktu pembuatan, proses pembuatan, biaya operasional dan harga jual setiap jenis varian.

D. Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian adalah suatu tahapan yang dilakukan hingga didapatkan data-data untuk analisis sampai diperoleh suatu kesimpulan yang sesuai dengan tujuan penelitian. Adapun prosedur penelitian ini sebagai berikut:

1. Pendahuluan adalah dengan mengamati permasalahan yang terjadi di kehidupan sehari-hari.
2. Studi Literatur yakni mencari sumber informasi yang relevan dengan permasalahan yang di teliti didapatkan dari buku, jurnal, skripsi, tesis atau sumber valid lainnya.
3. Pengumpulan Data didapat dengan cara survei lapangan atau penelitian secara langsung melalui wawancara yang dilakukan dengan pemilik dan karyawan industri, kemudian juga melakukan dokumentasi. Data-data yang didapatkan digunakan untuk mencari optimalisasi produksi dan analisis sensitivitas. Sumber data yang dipakai, antara lain :
 - a. Macam-macam getuk goreng yang diproduksi di produsen Getuk Goreng Nanang Putra.
 - b. Jumlah produksi getuk goreng dalam satu minggu.
 - c. Bahan baku yang digunakan dalam kegiatan produksi.
 - d. Biaya operasional produksi getuk goreng yang meliputi biaya bahan baku, upah tenaga kerja, biaya listrik, biaya bahan bakar, dan biaya packing (pengemasan).
 - e. Harga jual getuk goreng tiap unit dengan model jenis tertentu
4. Memformulasikan data variabel keputusan, fungsi tujuan dan fungsi kendala dari data yang telah dikumpulkan. Fungsi batasan yang digunakan adalah bahan baku dan waktu pembuatan. Fungsi tujuan yang dipakai adalah laba atau keuntungan setiap jenis varian getuk goreng.
5. Model *integer linear programming* yaitu menentukan fungsi tujuan dan fungsi kendala. Kemudian mengubahnya ke dalam bentuk model matematika.
6. Pengolahan dengan metode simpleks untuk menyelesaikan permasalahan dan bertujuan untuk mencari solusi optimum produksi varian getuk goreng.
7. Algoritma *B&B (Branch and Bound)* dipakai untuk menyelesaikan permasalahan

dan bertujuan mencari solusi optimum berupa integer dari produksi varian getuk goreng. Algoritma ini menggunakan langkah *branch* (mencabangkan), *bound* (membatasi), dan *fathom*. Perhitungan algoritma *B&B* (*Branch and Bound*) dibantu software *QM for Windows*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Penelitian ini telah dilakukan pada produsen Getuk Goreng Nanang Putra yang terletak di Jalan Raya Karangturi, Sumbang, Banyumas, Jawa Tengah. Guna memudahkan dan mengarahkan penyelesaian masalah pada penelitian ini akan dibuat beberapa asumsi. Asumsi-asumsi yang digunakan dalam penelitian ini antara lain:

1. Persediaan bahan baku dan waktu produksi merupakan kendala dalam penelitian ini.
2. Persediaan bahan baku yang digunakan jumlahnya sama setiap harinya.
3. Waktu produksi diasumsikan sama (linear) dalam kegiatan produksi sehingga waktu produksi selama x akan menghasilkan produk dengan jumlah yang sama.
4. Tidak ada jam lembur pada saat proses produksi.
5. Jumlah pegawai tetap sehingga tidak memengaruhi pengambilan keputusan.

Produsen Getuk Goreng Nanang Putra memproduksi tiga jenis varian rasa getuk goreng yaitu rasa original, rasa nangka, dan rasa durian. Sebelum melakukan kegiatan produksi, produsen Getuk Goreng Nanang Putra terlebih dahulu mempersiapkan bahan baku dan biaya yang diperlukan saat proses produksi. Adapun jenis-jenis bahan baku yang digunakan saat proses produksi untuk satu kemasan besek dapat dilihat pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Jumlah dan Persediaan Bahan Baku

No	Bahan Baku	Satuan	Varian Rasa			Persediaan
			Original	Nangka	Durian	
1.	Singkong	Gram	318	330	333	200000
2.	Tepung Terigu	Gram	10	11	12	7000
3.	Tepung Beras	Gram	25	24	23	14500
4.	Gula Jawa	Gram	128	117	115	73000
5.	Garam	Gram	5	6	6	3400
6.	Minyak Goreng	mL	250	255	255	153000
7.	Kelapa Parut	Gram	65	55	55	35000
8.	Perasa Nangka	mL	0	25	0	6500
9.	Perasa Durian	mL	0	0	35	8900

Sumber: *Getuk Goreng Nanang Putra*, 2022

Berdasarkan Tabel 1, dijelaskan tentang komposisi bahan baku yang digunakan untuk membuat getuk goreng per beseknya. Singkong, tepung terigu, tepung beras, gula jawa, garam, dan minyak goreng adalah bahan baku utama dalam pembuatan getuk goreng rasa original, nangka, dan durian. Perasa durian merupakan bahan baku tambahan untuk membuat getuk goreng rasa durian, sedangkan perasa nangka merupakan bahan baku tambahan untuk membuat varian rasa nangka.

Tabel 2. Biaya Bahan Baku Setiap Varian per Kemasan

No.	Bahan Baku	Varian Rasa		
		Original	Nangka	Durian
1.	Singkong	Rp 795,00	Rp 825,00	Rp 833,00
2.	Tepung Terigu	Rp 115,00	Rp 127,00	Rp 138,00
3.	Tepung Beras	Rp 250,00	Rp 240,00	Rp 230,00
4.	Gula Jawa	Rp 2.035,00	Rp 1.860,00	Rp 1.829,00
5.	Garam	Rp 44,00	Rp 53,00	Rp 53,00
6.	Minyak Goreng	Rp 4.000,00	Rp 4.080,00	Rp 4.080,00
7.	Kelapa Parut	Rp 455,00	Rp 385,00	Rp 385,00
8.	Perasa Nangka	Rp 0,00	Rp 1.860,00	Rp 0,00
9.	Perasa Durian	Rp 0,00	Rp 0,00	Rp 2.606,00
Total		Rp 7.694,00	Rp 9.430,00	Rp 10.154,00

Sumber: *Getuk Goreng Nanang Putra*, 2022

Tabel 2 menjelaskan biaya bahan baku getuk goreng setiap kemasan. Biaya bahan baku getuk goreng yang diproduksi adalah Rp 7.694,00 untuk satu besek varian original, Rp 9.430,00 untuk satu besek varian nangka, dan Rp 10.154,00 untuk satu besek varian durian.

Tabel 3. Biaya Operasional

No.	Jenis Biaya	Jenis Varian		
		Original	Nangka	Durian
1.	Upah Tenaga Kerja	Rp 2.333,00	Rp 2.333,00	Rp 2.333,00
2.	Listrik	Rp 139,00	Rp 150,00	Rp 150,00
3.	Air	Rp 12,00	Rp 12,00	Rp 12,00
4.	Bahan Bakar	Rp 203,00	Rp 203,00	Rp 203,00
5.	Kemasan	Rp 1.945,00	Rp 1.945,00	Rp 1.945,00
Total		Rp 4.632,00	Rp 4.643,00	Rp 4.643,00

Sumber: *Getuk Goreng Nanang Putra*, 2022

Tabel 3 menjelaskan biaya operasional setiap kemasan. Biaya bahan baku getuk goreng yang diproduksi adalah Rp 4.632,00 untuk satu besek varian original, Rp 4.643,00 untuk satu besek varian nangka, dan Rp 4.643,00 untuk satu besek varian durian.

Tabel 4. Jumlah Biaya Produksi

No.	Jenis Biaya	Jenis Varian		
		Original	Nangka	Durian
1.	Bahan Baku	Rp 7.694,00	Rp 9.430,00	Rp 10.154,00
2.	Operasional	Rp 4.632,00	Rp 4.643,00	Rp 4.643,00
Total		Rp12.326,00	Rp14.073,00	Rp14.797,00

Sumber: *Getuk Goreng Nanang Putra*, 2022

Tabel 4 menjelaskan bahwa biaya produksi untuk masing-masing varian rasa berbeda. Biaya produksi yang dikeluarkan adalah Rp 12.326,00 untuk satu besek varian original, Rp 14.073,00 untuk satu besek varian nangka, dan Rp14.797,00 untuk satu besek varian durian.

Tabel 5. Keuntungan per Kemasan

No.	Jenis Varian	Harga Jual	Biaya Produksi	Keuntungan
1.	Original	Rp 20.000,00	Rp 12.326,00	Rp 7.674,00
2.	Nangka	Rp 22.500,00	Rp 14.073,00	Rp 8.427,00
3.	Durian	Rp 24.000,00	Rp 14.797,00	Rp 9.203,00

Sumber: Getuk Goreng Nanang Putra, 2022

Tabel 5 menjelaskan bahwa keuntungan per kemasan untuk masing-masing varian rasa berbeda. Keuntungan yang diperoleh adalah Rp 7.674,00 untuk satu besek original, Rp 8.427,00 untuk satu besek varian nangka, dan Rp 9.203,00 untuk satu besek varian durian. Sedangkan waktu produksinya disajikan pada Tabel 6 berikut.

Tabel 6. Waktu Produksi

No.	Jenis Pengerjaan	Original	Nangka	Durian
1.	Pengupasan Singkong	0,24	0,24	0,24
2.	Pencucian	0,05	0,05	0,05
3.	Pengukusan	0,34	0,34	0,34
4.	Penggilingan dan Pemberian Perasa	0,45	0,5	0,5
5.	Pemotongan dan Pembaluran Adonan	0,06	0,06	0,06
6.	Penggorengan dan Pentirisan	0,51	0,51	0,51
7.	Pengemasan	0,15	0,15	0,15
Total		1,8	1,85	1,85

Sumber: Getuk Goreng Nanang Putra, 2022

Pembahasan

1. Pembentukan Model Matematika

a. Menentukan Variabel Keputusan

x_1 = Banyaknya getuk goreng varian original yang akan di produksi.

x_2 = Banyaknya getuk goreng varian nangka yang akan di produksi.

x_3 = Banyaknya getuk goreng varian durian yang akan di produksi.

b. Menentukan Fungsi Tujuan

Memaksimumkan

$$Z = 7.674x_1 + 8.427x_2 + 9.203x_3$$

c. Menentukan Fungsi Kendala

$$318x_1 + 330x_2 + 333x_3 \leq 200000$$

$$10x_1 + 11x_2 + 12x_3 \leq 7000$$

$$25x_1 + 24x_2 + 23x_3 \leq 14500$$

$$128x_1 + 117x_2 + 115x_3 \leq 73000$$

$$5x_1 + 6x_2 + 6x_3 \leq 3400$$

$$50x_1 + 255x_2 + 255x_3 \leq 153000$$

$$65x_1 + 55x_2 + 55x_3 \leq 35000$$

$$25x_2 \leq 6500$$

$$35x_3 \leq 8900$$

$$1,8x_1 + 1,85x_2 + 1,85x_3 \leq 1100$$

d. Fungsi kendala *non-negative*

$$x_i \geq 0; i = 1,2,3 ; x_i \text{ integer}$$

e. Mengubah model ke dalam bentuk kanonik

Memaksimumkan

$$Z = 7.674x_1 + 8.427x_2 + 9.203x_3 + 0s_1 + 0s_2 + 0s_3 + 0s_4 + 0s_5 \\ + 0s_6 + 0s_7 + 0s_8 + 0s_9 + 0s_{10}$$

dengan kendala:

$$318x_1 + 330x_2 + 333x_3 + s_1 = 200000$$

$$10x_1 + 11x_2 + 12x_3 + s_2 = 7000$$

$$25x_1 + 24x_2 + 23x_3 + s_3 = 14500$$

$$128x_1 + 117x_2 + 115x_3 + s_4 = 73000$$

$$5x_1 + 6x_2 + 6x_3 + s_5 = 3400$$

$$250x_1 + 255x_2 + 255x_3 + s_6 = 153000$$

$$65x_1 + 55x_2 + 55x_3 + s_7 = 35000$$

$$25x_2 + s_8 = 6500$$

$$35x_3 + s_9 = 8900$$

$$1,8x_1 + 1,85x_2 + 1,85x_3 + s_{10} = 110$$

$$x_1, x_2, x_3, s_1, s_2, s_3, s_4, s_5, s_6, s_7, s_8, s_9, s_{10} \geq 0.$$

Tabel 7. Tabel Optimum Metode Simpleks

	C_j	7674	8427	9203	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
C_i	\bar{x}_i / x_j	x_1	x_2	x_3	s_1	s_2	s_3	s_4	s_5	s_6	s_7	s_8	s_9	s_{10}	b_i	R_i
0	s_1	0	0	0	1	0	0	0	-34,4349	0	-2,2436	0	-0,0865	0	3637,1429	
0	s_2	0	0	0	0	1	0	0	-1,4348	0	-0,0435	0	-0,0287	0	345,7143	
0	s_3	0	0	0	0	0	1	0	-1,6087	0	-0,2609	0	0,0286	0	154,2857	
0	s_4	0	0	0	0	0	0	1	-4,9131	0	-1,5914	0	0,0570	0	1108,5714	
7674	x_1	1	0	0	0	0	0	0	-0,4783	0	0,0522	0	0,0000	0	200	
0	s_6	0	0	0	0	0	0	0	-24,5653	1	-1,9566	0	-0,0006	0	1000	
0	s_8	0	0	0	0	0	0	0	-14,1304	0	1,0870	1	0,7143	0	2857,1425	
8427	x_2	0	1	0	0	0	0	0	0,5652	0	-0,0435	0	-0,0286	0	145,7143	
9203	x_3	0	0	1	0	0	0	0	0,0000	0	0,0000	0	0,0286	0	254,2857	
0	s_{10}	0	0	0	0	0	0	0	-0,1848	0	-0,0135	0	0	1	0	
	z_j	7674	8427	9203	0	0	0	0	1226,087	0	46,4087	0	22,2	0	$Z = 5102926$	
	$z_j - c_j$	0	0	0	0	0	0	0	1226,087	0	46,4087	0	22,2	0		

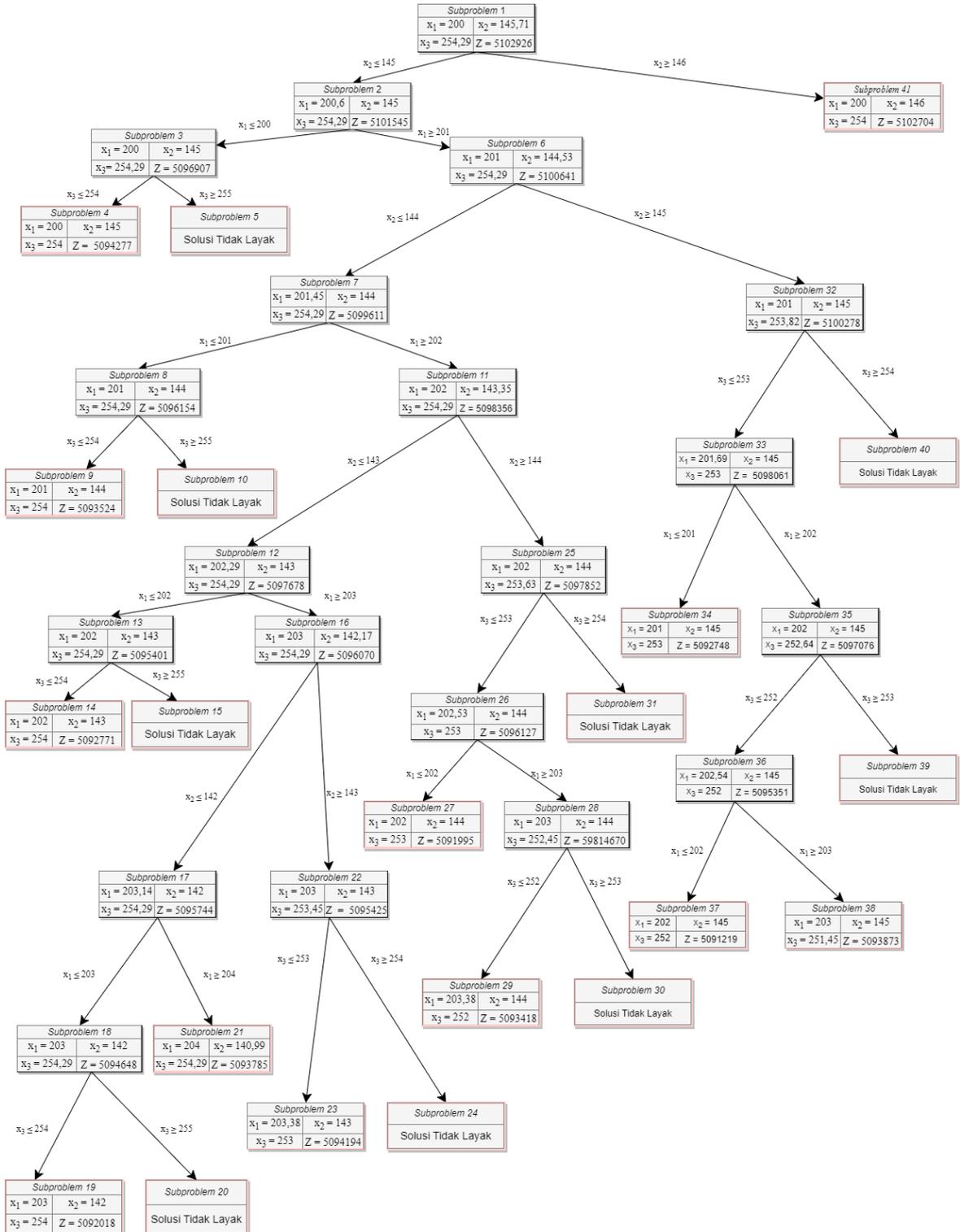
2. Optimasi Menggunakan Algoritma B&B

Langkah-langkah penyelesaian permasalahan menggunakan algoritma B&B (*branch and bound*) sebagai berikut:

- a. Menyelesaikan masalah *integer linear programming* menggunakan metode simpleks dengan mengabaikan syarat integer.
- b. Berdasarkan Tabel 7. diperoleh nilai $z_j - c_j \geq 0$ sehingga solusi tersebut sudah optimum dengan $x_1 = 200$, $x_2 = 145,7143$, $x_3 = 254,2857$ dan nilai maksimum Z adalah 5102926. Terdapat dua nilai x yang belum integer. Dalam produksi getuk goreng, produk yang dihasilkan harus integer sehingga persoalan ini dilanjutkan menggunakan algoritma B&B.
- c. Memilih variabel basis dengan nilai pecahan terbesar dari masing-masing variabel yang ada untuk dijadikan percabangan ke dalam *subproblem*.
- d. Menciptakan dua batasan baru untuk variabel yang terpilih, dengan batasan \leq dan \geq . Misalnya x_i adalah solusi optimal yang berupa pecahan, maka dibuat dua *subproblem* baru dengan menambah kendala $x_i \leq a$ atau $x_i \geq b$, dimana a adalah bilangan bulat positif terkecil yang paling dekat dengan x_i , sedangkan b adalah bilangan bulat positif terbesar yang paling dekat dengan x_i .
- e. Menyelesaikan model *linear programming* dengan batasan baru yang ditambahkan pada setiap *subproblem*.
- f. Untuk setiap *subproblem*, nilai solusi optimum fungsi tujuan ditetapkan sebagai batas atas. Solusi bulat terbaik menjadi batas bawah. Pada setiap *subproblem* yang baru digunakan tiga ketentuan untuk menghentikan suatu *subproblem* yaitu sebagai berikut.
 - 1) Jika variabel yang diperoleh merupakan integer tetapi solusi batas atas kurang dari batas bawah yang ditentukan sebelumnya.

- 2) Jika didapatkan solusi tidak layak (*infeasible*).
- 3) Jika didapatkan solusi layak integer, maka percabangan dihentikan. Solusi yang didapatkan tersebut merupakan calon solusi optimum.

Suatu solusi integer layak adalah sama baik atau lebih baik dari batas atas untuk setiap sub masalah yang dicari. Jika solusi yang demikian terjadi, suatu *subproblem* dengan batas atas terbaik dipilih untuk dicabangkan, lalu kembali ke langkah c begitu seterusnya seperti yang disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Solusi Algoritma B&B secara manual

Sebagai perbandingan dilakukan penyelesaian *integer linear programming* dengan algoritma *B&B* dengan menggunakan *software QM for Windows* sehingga diperoleh hasil sebagai berikut.

Algoritma I							
Iteration	Level	Added constraint	Solution type	Solution Value	X1	X2	X3
			Optimal	5102704	200	146	254
1	0		NONinteger	5102926,0	200	145,71	254,29
2	1	X2<= 145	NONinteger	5101545,0	200,6	145	254,29
3	2	X1<= 200	NONinteger	5096907,0	200	145	254,29
4	3	X3<= 254	INTEGER	5094277	200	145	254
5	3	X3>= 255	Infeasible				
6	2	X1>= 201	NONinteger	5100641,0	201	144,53	254,29
7	3	X2<= 144	NONinteger	5099611	201,45	144	254,29
8	4	X1<= 201	NONinteger	5096154,0	201	144	254,29
9	5	X3<= 254	Suboptimal	5093524	201	144	254
10	5	X3>= 255	Infeasible				
11	4	X1>= 202	NONinteger	5098356,0	202	143,35	254,29
12	5	X2<= 143	NONinteger	5097678,0	202,3	143	254,29
13	6	X1<= 202	NONinteger	5095401,0	202	143	254,29
14	7	X3<= 254	Suboptimal	5092771	202	143	254
15	7	X3>= 255	Infeasible				
16	6	X1>= 203	NONinteger	5096070	203	142,17	254,29
17	7	X2<= 142	NONinteger	5095744,0	203,14	142	254,29
18	8	X1<= 203	NONinteger	5094648,0	203	142	254,29
19	9	X3<= 254	Suboptimal	5092018	203	142	254
20	9	X3>= 255	Infeasible				
21	8	X1>= 204	Suboptimal	5093785	204	140,99	254,29
22	7	X2>= 143	NONinteger	5095425	203	143	253,45
23	8	X3<= 253	Suboptimal	5094194,0	203,38	143	253
24	8	X3>= 254	Infeasible				
25	5	X2>= 144	NONinteger	5097852,0	202	144	253,64
26	6	X3<= 253	NONinteger	5096127	202,54	144	253
27	7	X1<= 202	Suboptimal	5091995	202	144	253
28	7	X1>= 203	NONinteger	5094649	203	144	252,45
29	8	X3<= 252	Suboptimal	5093418,0	203,38	144	252
30	8	X3>= 253	Infeasible				
31	6	X3>= 254	Infeasible				
32	3	X2>= 145	NONinteger	5100278,0	201	145	253,82
33	4	X3<= 253	NONinteger	5098061	201,69	145	253
34	5	X1<= 201	Suboptimal	5092748	201	145	253
35	5	X1>= 202	NONinteger	5097076,0	202	145	252,64
36	6	X3<= 252	NONinteger	5095351	202,54	145	252
37	7	X1<= 202	Suboptimal	5091219	202	145	252
38	7	X1>= 203	Suboptimal	5093873	203	145	251,45
39	6	X3>= 253	Infeasible				
40	4	X3>= 254	Infeasible				
41	1	X2>= 146	INTEGER	5102704	200	146	254

Gambar 2. Hasil Perhitungan Algoritma *B&B* menggunakan *QM for Windows*

Hasil output dengan *software QM for Windows* diperoleh nilai optimum dengan nilai $x_1 = 200$, $x_2 = 146$, $x_3 = 254$ dan nilai solusi Z adalah Rp 5.102.704,00. Setelah dibandingkan hasil perhitungan diagram solusi algoritma *B&B* secara manual sama dengan hasil output *software QM for Windows*.

Perbandingan keuntungan Getuk Goreng Nanang Putra dan keuntungan yang diperoleh menggunakan algoritma *B&B* dapat dilihat pada Tabel 8 sebagai berikut.

Tabel 8. Tabel Perbandingan Hasil Banyaknya Produksi

Jenis Varian	Banyaknya Produksi Aktual	Banyaknya Produksi dengan Algoritma B&B
Original	200	200
Nangka	200	146
Durian	200	254
Keuntungan	5.060.800	5.102.704

Berdasarkan Tabel 8 keuntungan Getuk Goreng Nanang Putra sebesar Rp 5.060.800,00 dengan banyaknya produksi varian original sebanyak 200 besek, varian nangka 200 besek, dan varian durian sebanyak 200 besek, sedangkan setelah menggunakan algoritma B&B diperoleh keuntungan Rp 5.102.704,00 dengan banyaknya produksi varian original sebanyak 200 besek, varian nangka 146 besek, dan varian durian sebanyak 254 besek. Jika dibandingkan Getuk Goreng Nanang Putra dapat memperoleh keuntungan lebih besar dengan mengoptimalkan banyaknya produksi menggunakan algoritma B&B.

Sebelum dilakukan penelitian ini, getuk goreng Nanang Putra memproduksi masing-masing 200 besek varian original, 200 besek varian nangka dan 200 besek varian durian. Berdasarkan pencatatan penjualan produk, untuk varian nangka sering tidak terjual semua, tersisa banyak sampai lebih dari 20 besek dan akhirnya terbuang sia-sia, sedangkan untuk varian durian sering terjual lebih cepat padahal masih ada beberapa pembeli yang ingin membelinya. Hal tersebut tentu membuat keuntungan yang diperoleh menjadi tidak maksimum. Oleh karena itu, dilakukan uji coba penerapan produksi selama 30 hari sesuai dengan hasil perhitungan optimasi menggunakan algoritma *branch and bound* yaitu dengan memproduksi varian original 200 besek, varian nangka 146 dan varian durian 254 besek. Setelah menerapkan optimasi produksi menggunakan algoritma *branch and bound* diperoleh hasil bahwa 26 hari dari 30 hari penjualan habis terjual (*sold out*). Meskipun ada 4 hari penjualan tidak *sold out*, tetapi hanya menyisakan kurang dari 1% dari total produksi. Sisa produksi tersebut bisa digunakan untuk tester di hari berikutnya. Ini artinya optimasi menggunakan algoritma *branch and bound* efektif diterapkan untuk mengakibatkan penjualan habis terjual dan keuntungan maksimum tercapai.

SIMPULAN

Dari hasil penelitian tersebut, penulis memperoleh kesimpulan bahwa:

1. Bentuk model matematika *integer linear programming* dari permasalahan produksi getuk goreng Nanang Putra, yaitu:

Memaksimumkan

$$Z = 7,674x_1 + 8.427x_2 + 9.203x_3$$

dengan kendala:

$$318x_1 + 330x_2 + 333x_3 \leq 200000$$

$$10x_1 + 11x_2 + 12x_3 \leq 7000$$

$$25x_1 + 24x_2 + 23x_3 \leq 14500$$

$$128x_1 + 117x_2 + 115x_3 \leq 73000$$

$$5x_1 + 6x_2 + 6x_3 \leq 3400$$

$$250x_1 + 255x_2 + 255x_3 \leq 153000$$

$$65x_1 + 55x_2 + 55x_3 \leq 35000$$

$$25x_2 \leq 6500$$

$$35x_3 \leq 8900$$

$$1,8x_1 + 1,85x_2 + 1,85x_3 \leq 1100$$

$$x_1, x_2, x_3 \in \mathbb{Z}^+.$$

- Keuntungan maksimum yang diperoleh produsen getuk goreng Nanang Putra menggunakan algoritma *B&B (Branch and Bound)* adalah sebesar Rp 5.102.704,00 dengan banyaknya produksi getuk goreng varian original sebanyak 200 besek, getuk goreng varian nangka sebanyak 146 besek, dan getuk goreng varian durian sebanyak 254 besek.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih kepada koordinator Prodi Matematika dan seluruh Dosen Prodi Matematika yang telah memberikan ilmu dan bimbingan hingga terselesainya artikel ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Ayunda, Z., Winarno, Nugraha, B., & Momon, A. (2021). Analisa Optimalisasi Keuntungan dengan Integer Linear Programming dan Metode Branch and Bound pada Toko Bunga QuinnaStory. *Journal Industrial Services*, Vol 6, No. 2, 99–101.
- Dimiyati, T. T., & Dimiyati, A. (2013). *Operation Research Model-Model Pengambilan Keputusan*. Bandung: Sinar Baru Algesindo.
- Firdaus, Y. N., Litiano, N., & Hermansyah, A. (2019). Implementasi Algoritma Branch And Bound dalam Penentuan Jumlah Produksi Untuk Memaksimalkan Keuntungan. *Satuan Tulisan Riset Dan Inovasi Teknologi*. Vol.4, No.1, 65–70.
- Heizer, J., & Render, B. (2014). *Operations Management Sustainability and Supply Chain Management (11th ed.)*. New York: Pearson Education.
- Hillier, F. S., & Lieberman, G. J. (2015). *Introduction to Operations Research (10th ed.)*. New York: McGraw-Hill.
- Jannah, R. A., Arnellis, & Sriningsih, R. (2018). Optimasi Hasil Produksi Tahu dan Tempe dengan Metode Branch and Bound dan Metode Cutting Plane. *Journal Of Mathematics UNP*, Vol. 3, No.1.
- Mulyono, S. (2017). *Riset Operasi*. Jakarta: Mitra Wacana Media.
- Siswanto. (2007). *Operations Research Jilid 2*. Jakarta: Erlangga.
- Syahputra, E. (2017). *Program Linier*. Medan: UNIMED Press.
- Taha, H. A. (2017). *Operations Research An Introduction (10th ed.)*. Harlow: Pearson Education.
- Winston, W. L. (2004). *Operations Research Applications and Algorithms (4th ed.)*. Belmont: Brooks/Cole Thomson Learning.