

Optimasi Biaya Produksi Dan Sumber Daya *Handicraft* Rotan Menggunakan Teknik Dua Fase Dan Analisa Sensitivitas

Vera Devani^{*1}, Dhea Ana Mishanty², Fuji Aulia Nuraisyah³

^{1,2,3} Teknik Industri, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau
Jl. HR. Soebrantas No. 155 Simpang Baru, Panam, Pekanbaru, 28293

Email: ¹veradevani@gmail.com, ²dheanamishanty17@gmail.com, ³fujiauliaanuraisyah@gmail.com

Abstrak

UMKM (Usaha Mandiri Kecil Menengah) ini bergerak pada bidang usaha produksi *handcraft* berbahan dasar Rotan seperti vas bunga, tas, kursi, tempat tisu maupun partisi. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah teknik dua fase dan analisis sensitivitas dengan memperhatikan sumber daya proses produksi. Teknik dua fase adalah suatu pendekatan yang terdiri dari dua langkah atau fase untuk menyelesaikan suatu masalah. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan jenis produksi yang akan dibuat dengan memperhatikan kebutuhan bahan baku yang diperlukan, waktu yang digunakan pada setiap proses, target produk yang diperoleh, jumlah tenaga kerja yang dibutuhkan dan biaya yang diperlukan untuk menentukan nilai sensitivitas terhadap solusi optimum yang dicapai. Berdasarkan hasil penelitian diperoleh keuntungan maksimal sebesar Rp. 2.100.000 yang dimana kebutuhan sumber daya yang tersedia selama 1 bulan yaitu rotan pitrit diameter 3 mm sebanyak 600 batang, waktu pengukuran 42 menit, waktu pemotongan 40 menit, waktu perakitan 2.940 menit, waktu finishing 280 menit, waktu pengecatan 210 menit, tenaga kerja sebanyak 14 karyawan, kayu jati belanda 56 papan dan melamin 1.400 ml. umkm tidak perlu menambah aktivitas penjemuran karena akan mengeluarkan ongkos sebesar Rp. 4.450.000 tanpa memperoleh keuntungan apapun dan untuk penambahan pembatas baru tidak mempengaruhi solusi optimal karena keuntungan produk yang diproduksi tetap.

Kata kunci: Analisis Sensitivitas, Linier Programming, Teknik Dua Fase.

Abstract

UMKM (Independent Small and Medium Enterprises) is engaged in the production of rattan-based handicrafts such as flower vases, bags, chairs, tissue boxes and partitions. The method used is the Two-Phase Technique and sensitivity analysis with regard to production process resources. The two-phase technique is an approach consisting of two steps or phases to solve a problem. This study aims to determine the type of production to be made by taking into account the needs of raw materials, the time required for each process, the target product obtained, the amount of labor required and the costs required to determine the sensitivity value for the optimum solution achieved. Based on the results of the study obtained a maximum profit of IDR 2,100,000 which required available resources for 1 month, namely pitrite rattan with a diameter of 3 mm of 600 rods, measuring time 42 minutes, cutting time 40 minutes, assembly time 2,940 minutes, finishing time 280 minutes, 210 minutes of painting time, 14 workers, 56 Dutch teak boards and 1,400 ml of melamine. MSMEs do not need to add to their drying activities because it will incur a cost of Rp. fixed product.

Keywords: Sensitivity Analysis, Linier Programming, Two-Phase technique.

1. Pendahuluan

Rotan menjadi salah satu sumber daya alam yang berlimpah di Negara Indonesia. Rotan menjadi bahan baku ramah lingkungan sehingga menjadikan produk ramah lingkungan pula. Produk ramah lingkungan menjadi salah satu sektor industri yang diperhatikan untuk memperkuat perekonomian suatu negara termasuk Indonesia. Rotan merupakan Hasil Hutan Bukan Kayu (HHBK) yang penting dengan potensi besar yang mendorong pembangunan sosial-ekonomi masyarakat [1]. Material ini memiliki banyak keuntungan yang berkaitan dengan environmental, seperti rendah karbon, penghematan energi, dan pengurangan emisi [2].

Sumber daya ialah segala sesuatu yang dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan manusia maupun organisasi. Dalam cangkupan yang luas sumber daya mencakup berbagai hal, termasuk alam, tenaga kerja, modal, teknologi, dan pengetahuan. Pemanfaatan sumber daya menjadi sangat penting dalam keberlanjutan dan perkembangan manusia dalam lingkungan.

UMKM (Usaha Mandiri Kecil Menengah) merupakan sektor usaha yang memiliki kontribusi yang kuat terhadap perekonomian Indonesia dengan berbagai manfaat. UMKM merujuk pada berbagai macam produksi kerajinan tangan diantaranya perabotan rumah tangga, ayunan bayi, tas, keranjang parcel, keranjang pakaian, tudung saji, guci, cermin, partisi dan aksesoris rumah. Pada pengelolaan sumber daya diperlukan pengoptimalan sumber daya yang tersedia. Oleh karena itu, dengan adanya penelitian ini dapat mengoptimalkan biaya produksi dan sumber daya *handicraft* rotan.

Penelitian sebelumnya yang telah dilakukan di Pabrik Tahu XYZ menghasilkan dua produk tahu yaitu tahu variasi putih dan kuning. Pada penelitian ini menggunakan program linier dengan metode simpleks dan POM-QM. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa pabrik tahu XYZ memperoleh keuntungan harian maksimum (Z_{max}) sebesar Rp. 26.400.000, maka harus memproduksi tahu putih (X_1) sebanyak 120 kali produksi dan tahu kuning (X_2) sebanyak 120 kali produksi [3].

Penelitian terkait memaksimalkan keuntungan dalam memproduksi semen di PT. Semen Tonasa menggunakan Metode Simpleks. Hasil perhitungan model optimasi produksi menunjukkan bahwa PT. Semen Tonasa memperoleh tingkat keuntungan optimal sebesar Rp. 183.638.900.955 dengan memproduksi Semen Portland Tipe I sebanyak 4.429 ton, Semen Portland Komposit sebanyak 891.157 ton dan Semen Portland Pozzolan tidak diproduksi. PT. Semen Tonasa mengalami kenaikan sebesar Rp. 13.945.642.163 atau naik sekitar 8,218% [4].

Penelitian berfokus pada optimalisasi penjualan menggunakan metode simpleks pada usaha kecil menengah. Permasalahan yang dihadapi mengenai menentukan jumlah produksi penjualan yang optimal. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan *Linear Programming* dapat membantu memaksimalkan keuntungan dari penjualan pentol dan sate ayam, dengan keuntungan maksimal sebesar Rp. 4.000 per produksi [5].

Penelitian mengenai pengoptimalan penjualan dan keuntungan bagi noken kulit kayu masyarakat tradisional Papua. Penelitian ini mengumpulkan data melalui studi pustaka, observasi, dan wawancara dengan penjual noken. Hasil keuntungan maksimal yang diperoleh penjual noken sebesar Rp. 300.000 per produksi noken setiap minggunya [6].

Penelitian terkait penggunaan model Linear Programming untuk menganalisis waktu belajar siswa selama pandemi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa belajar dengan instruktur lebih efektif daripada belajar tanpa instruktur. Studi ini menyoroti pentingnya pembelajaran yang dipimpin instruktur dan memberikan rekomendasi untuk meningkatkan pembelajaran siswa selama masa-masa sulit [7].

Penelitian yang dilakukan bertujuan untuk pengambilan keputusan yang lebih baik dalam merencanakan dan mengembangkan suatu produk. Seperti menentukan jenis-jenis produk yang akan dibuat, kebutuhan bahan baku, waktu yang diperlukan untuk masing-masing proses, target produk, tenaga kerja yang dibutuhkan, dan keuntungan yang didapatkan serta menentukan nilai sensitivitas untuk mencapai solusi optimum yang diinginkan.

Optimasi merupakan proses atau teknik pengoptimalan untuk mencari solusi terbaik atau hasil optimal dalam suatu situasi tertentu. Optimasi memiliki tujuan utama yakni mencari nilai maksimum atau minimum dari fungsi objektif dalam batasan atau kendala tertentu. Optimasi dilakukan dalam berbagai bidang, meliputi matematika, ilmu komputer, ilmu data, ekonomi, ilmu manajemen, dan lain sebagainya [8].

Linear Programming adalah sebuah teknik matematis yang digunakan untuk menemukan solusi optimal dari masalah optimasi yang di mana fungsi tujuan dan batasan-batasannya memiliki bentuk linier [9]. Terdapat beberapa teknik mengenai penguasaan pemrograman linier terutama mengenai bagaimana mengatasi masalahnya seperti menggunakan teknik diagram atau dengan menggunakan metode simpleks [10]. Tujuan dari *Linear Programming* adalah mencari solusi terbaik dari suatu objektif linier yang harus di optimalkan dengan mempertimbangkan sejumlah kendala yang terdiri sejumlah variabel. Bentuk umum *Linear Programming* adalah sebagai berikut [11]:

Fungsi Tujuan (Maksimum atau minimum):

$$Z_{\max} = c_1 x_1 + c_2 x_2 + c_3 x_3 + \dots + c_n x_n \quad (1)$$

Kendala:

$$\begin{aligned} a_{11} x_1 + a_{12} x_2 + \dots + a_{1n} x_n &= b_1 \\ a_{21} x_1 + a_{22} x_2 + \dots + a_{2n} x_n &= b_2 \\ a_{m1} x_1 + a_{m2} x_2 + \dots + a_{mn} x_n &= b_m \\ x_1, x_2, \dots, x_n &\geq 0 \end{aligned} \quad (2)$$

Keterangan:

- c_1, c_2, \dots, c_n : Koefisien pada fungsi tujuan
- x_1, x_2, \dots, x_n : Variabel keputusan yang akan ditentukan
- $a_{11}, a_{1n}, \dots, a_{1n}$: Koefisien pada fungsi kendala
- b_1, b_2, \dots, b_m : Berapa jumlah fungsi kendala

Metode yang paling efektif untuk mengungkapkan asumsi dasar dalam *Linear Programming* yang menggunakan proses *backtracking* untuk mendapatkan nilai terbaik dikena sebagai metode simpleks. Metode ini berpotensi memberikan dua atau lebih hasil variabel [12]. Metode simpleks lebih efektif serta dilengkapi suatu "kriteria uji" yang dapat memberi tahu kapan perhitungan harus dihentikan dan kapan harus dilanjutkan hingga diperoleh suatu "solusi optimal" (keuntungan maksimum, pendapatan maksimum, biaya maksimum). Dimulai dengan menyajikan tabel-tabel perta yang berisikan solusi awal yang layak secara dasar hingga tabel yang berisikan solusi optimal yang menjadi tabel akhir [13].

Teknik Dua Fase adalah pendekatan yang terdiri dari dua langkah atau fase untuk menyelesaikan suatu masalah. Pada setiap fase memiliki tujuan dan pendekatan yang berbeda untuk mencapai hasil akhir yang diinginkan. Teknik Dua Fase memiliki dua pendekatan yaitu pendekatan fase pertama dan pendekatan fase kedua. Pendekatan fase pertama bertujuan untuk meidentiffikasi atau memeperkecil masalah secara umum dan meidentifikasi area atau solusi potensial. Pendekatan fase pertama lebh berfokus mencari dan mengumpulkan informasi untuk memahami isu-isu yang terlibat dan meidentifikasi berbagai strategi yang diambil. Untuk pendekatan fase kedua berfokus pada implementasi dari solusi yang dipilih atau strategi yang diputuskan difase pertama. Langkah-langkah yang tepat dalam perencanaan tindakan yang digunakan untuk menerapkan solusi atau menyelesaikan masalah dengan benar. Fase ini tujuan utama pada pelaksanaan, eksekusi dan evaluasi hasil dari pilihan yang diambil [5].

Analisis sensitivitas ialah teknik yang digunakan untuk mengevaluasi dampak ketidakpastian dalam investasi atau perencanaan dengan mengidentifikasi bagaimana tingkat profitabilitas atau hasil lainnya akan bervariasi sehubungan dengan perubahan pada parameter sensitivitas. Analisis sensitivitas secara umum dapat dibedakan menjadi dua jenis berdasarkan variabelnya, yaitu Analisis Sensitivitas Deterministik dan Analisa Sensitivitas Probabilistik [12]. Analisis sensitivitas bertujuan untuk mengamati perubahan hasil dari model yang diperoleh serta mengetahui variable mana yang lebih mempengaruhi untuk mencapai hasil yang akurat dari model yang dikembangkan [13].

Analisis sensitivitas dalam berbagai parameter yang mempengaruhi investasi atau proyek diubah nilainya dalam kisaran tertentu, hasilnya juga akan berubah secara proposional.

Jika perubahan dalam suatu parameter menyebabkan perubahan yang signifikan dalam hasil atau profitabilitas investasi, parameter tersebut dapat dianggap kritis dan memerlukan penelitian lebih lanjut. Dalam memeriksa parameter-parameter ini dapat dilakukannya pemeriksaan untuk dapat memajemen dan mengambil keputusan secara tepat seperti mengidentifikasi risiko utama, menyempurnakan asumsi, menentukan factor kunci kesuksesan, dan mengambil keputusan yang lebih informatif [13].

2. Metode Penelitian

Tahapan yang dapat dilakukan dalam penelitian yang mencakup analisis proses produksi, lama waktu pada proses produksi produk, target produksi yang dibutuhkan, kebutuhan bahan baku, harga jual produk, persediaan maksimum bahan baku, dan persediaan maksimum dari waktu produksi sebagai berikut:

1. Menentukan variabel
Variabel yang digunakan adalah sebagai berikut:
 X_1 = Kotak tisu
 X_2 = Keranjang tempat pensil
 X_3 = Tudung saji
 X_4 = Guci
 X_5 = Rak kosmetik
 X_6 = Partisi
2. Menentukan fungsi pada tujuan
Fungsi tujuan penelitian ini yaitu memaksimalkan keuntungan, dengan ini dapat diperoleh fungsi tujuan berikut ini:
Ft Maksimasi:
 $Z = c_1 X_1 + c_2 X_2 + c_3 X_3 + c_4 X_4 + c_5 X_5 + c_6 X_6$
3. Menentukan fungsi pembatas
Pembatas atau kendala yang akan digunakan pada penelitian ini yaitu bahan baku (rotan pitrit), waktu produksi (proses pemotongan, proses perakitan, dan proses penganyaman), pengrajin, kurir dan target produksi yang diperlukan dalam waktu 1 bulan
4. Menentukan model matematika fase 1 dengan fungsi tujuan minimasi
5. Menentukan model matematika fase 2 dengan fungsi tujuan maksimasi
6. Menentukan solusi optimum *Linear Programming* teknik 2 fase menggunakan software QM for Windows V5
7. Melakukan analisis sensitivas
 - a. Analisis terhadap perubahan pada koefisien fungsi tujuan untuk variabel nonbasis
 - b. Analisis terhadap perubahan pada koefisien fungsi tujuan untuk variabel basis
 - c. Analisis terhadap perubahan pada ruas kanan pembatas
 - d. Analisis terhadap perubahan pada kolom variabel nonbasis
 - e. Analisis terhadap penambahan pada suatu aktivitas baru
 - f. Analisis terhadap penambahan pada pembatas baru

3. Hasil dan Analisa

Metode *Linier Programming* untuk mengoptimalkan *handicraft* rotan sebagai berikut:

Ft Maksimasi:

$$Z = 20.000X_1 + 15.000X_2 + 45.000X_3 + 30.000X_4 + 25.000X_5 + 150.000X_6$$

Bentuk Kanonik

Ft Maksimasi

$$Z = 20.000X_1 + 15.000X_2 + 45.000X_3 + 30.000X_4 + 25.000X_5 + 150.000X_6 + OS_1 + OS_2 + OS_3 + OS_4 + OS_5 + OS_6 + OS_8 + OS_9 - MR_1 - MR_7 - MR_8 - MR_9$$

Kendala:

$$\begin{aligned}
 15X_1 + 10X_2 + 75X_3 + 60X_4 + 20X_5 + 150X_6 - S_1 + R_1 &= 1.440 \\
 5X_1 + 4X_2 + 10X_3 + 7X_4 + 6X_5 + 3X_6 + S_2 &= 10.920 \\
 3X_1 + 2X_2 + 12X_3 + 5X_4 + 4X_5 + 10X_6 + S_3 &= 10.920 \\
 90X_1 + 30X_2 + 110X_3 + 60X_4 + 40X_5 + 210X_6 + S_4 &= 10.920 \\
 10X_1 + 10X_2 + 15X_3 + 15X_4 + 10X_5 + 20X_6 + S_5 &= 10.920 \\
 5X_1 + 5X_2 + 10X_3 + 10X_4 + 5X_5 + 15X_6 + S_6 &= 10.920 \\
 X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 + X_6 + R_7 &= 14 \\
 4X_1 - S_8 + R_8 &= 10 \\
 15X_1 + 10X_2 + 30X_3 + 15X_4 + 10X_5 + 100X_6 - S_9 + R_9 &= 1.000 \\
 X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 + X_6 + S_1 + S_2 + S_3 + S_4 + S_5 + \\
 S_6 + S_8 + S_9 + R_1 + R_7 + R_8 + R_9 &\geq 0
 \end{aligned}$$

Dari persamaan diatas diperoleh

$$\begin{aligned}
 R_1 &= 1440 - 15X_1 - 10X_2 - 75X_3 - 60X_4 - 20X_5 - 150X_6 + S_1 \\
 R_7 &= 14 - X_1 - X_2 - X_3 - X_4 - X_5 - X_6 \\
 R_8 &= 10 - 4X_6 + S_8 \\
 R_9 &= 1.000 - 15X_1 - 10X_2 - 30X_3 - 15X_4 - 10X_5 - 100X_6 + S_9
 \end{aligned}$$

Fase 1

Ft Maksimasi

$$\begin{aligned}
 r &= R_1 + R_7 + R_8 + R_9 \\
 &= (1440 - 15X_1 - 10X_2 - 75X_3 - 60X_4 - 20X_5 - 150X_6 + S_1) + (14 - X_1 - X_2 - X_3 - X_4 \\
 &\quad - X_5 - X_6) + (10 - 4X_6 + S_8) \\
 &= 2426 - 31X_1 - 21X_2 - 106X_3 - 76X_4 - 31X_5 - 255X_6 + S_1 + S_8 + S_9 \\
 r + 31X_1 + 21X_2 + 106X_3 + 76X_4 + 31X_5 + 255X_6 - S_1 - S_8 - S_9 &= 2464
 \end{aligned}$$

Pembatas

$$\begin{aligned}
 15X_1 + 10X_2 + 75X_3 + 60X_4 + 20X_5 + 150X_6 - S_1 + R_1 &= 1.440 \\
 5X_1 + 4X_2 + 10X_3 + 7X_4 + 6X_5 + 3X_6 + S_2 &= 10.920 \\
 3X_1 + 2X_2 + 12X_3 + 5X_4 + 4X_5 + 10X_6 + S_3 &= 10.920 \\
 90X_1 + 30X_2 + 110X_3 + 60X_4 + 40X_5 + 210X_6 + S_4 &= 10.920 \\
 10X_1 + 10X_2 + 15X_3 + 15X_4 + 10X_5 + 20X_6 + S_5 &= 10.920 \\
 5X_1 + 5X_2 + 10X_3 + 10X_4 + 5X_5 + 15X_6 + S_6 &= 10.920 \\
 X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 + X_6 + R_7 &= 14 \\
 4X_1 - S_8 + R_8 &= 10 \\
 15X_1 + 10X_2 + 30X_3 + 15X_4 + 10X_5 + 100X_6 - S_9 + R_9 &= 1.000 \\
 X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 + X_6 + S_1 + S_2 + S_3 + S_4 + S_5 + \\
 S_6 + S_8 + S_9 + R_1 + R_7 + R_8 + R_9 &\geq 0
 \end{aligned}$$

Gambar 1. menunjukkan tahapan iterasi 1 untuk fase 1

Cj	Basic Variables	Quantity	20000 Kotak Tisu (X1)	15000 Bakul Nasi (X2)	45000 Tudung Saji (X3)	30000 Guci (X4)	25000 Rak Kosmetik (X5)	150000 Partisi (X6)	0 artfcl 1	0 surplus 1	0 slack 2	0 slack 3	0 slack 4	0 slack 5	0 slack 6	0 artfcl 7	0 artfcl 8	0 surplus 8	0 artfcl 9	0 surplus 9
Iteration 6																				
0	surplus 8	27,1765	0	-0,2353	0,7059	0	-0,2353	0	0	0	0	0	0	0	0	-0,7059	-1	1	0,0471	-0,0471
0	slack 2	10,775,6471	0	-0,5294	3,5882	2	1,4706	0	0	0	1	0	0	0	0	-3,5882	0	0	-0,0941	0,0941
0	slack 3	10,812,9412	0	-0,5882	7,7647	2,0	1,4118	0	0	0	0	1	0	0	0	-1,7647	0	0	-0,0824	0,0824
0	slack 4	8,544,7059	0	-52,9412	-1,1765	-30,0	-42,9412	0	0	0	0	0	1	0	0	-68,8235	0	0	-1,4118	1,4118
0	slack 5	10,687,0588	0	0,5882	3,2353	5	0,5882	0	0	0	0	0	0	1	0	-8,2353	0	0	-0,1176	0,1176
0	slack 6	10,757,0588	0	0,5882	3,2353	5	0,5882	0	0	0	0	0	0	0	1	-3,2353	0	0	-0,1176	0,1176
0	Kotak Tisu (X1)	4,7059	1	1,0588	0,8235	1	1,0588	0	0	0	0	0	0	0	0	1,1765	0	0	-0,0118	0,0118
0	Partisi (X6)	9,2941	0	-0,0588	0,1765	0	-0,0588	1	0	0	0	0	0	0	0	-0,1765	0	0	0,0118	-0,0118
0	surplus 1	24,7059	0	-2,9412	-36,1765	-45	-12,9412	0	-1	1	0	0	0	0	0	-8,8235	0	0	1,5882	-1,5882
	zj	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	2	2	0	2	0
	cj-zj	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	0	-1	-1	0	-1	0

Gambar 1. Iterasi Fase 1

Berdasarkan gambar diatas memiliki solusi fleksibel sehingga R tidak diikuti sertakan dan bisa lanjut ke tahap fase 2.

Fase 2

Ft maksimasi:

$$Z = 20.000X_1 + 15.000X_2 + 45.000X_3 + 30.000X_4 + 25.000X_5 + 150.000X_6$$

Pembatas

$$\begin{aligned} -\frac{4}{17}X_2 + \frac{12}{17}X_3 - \frac{4}{17}X_5 + S_8 - \frac{4}{85}S_5 &= \frac{462}{17} \\ -\frac{9}{17}X_2 + \frac{12}{17}X_3 + 2X_4 + \frac{25}{17}X_5 + S_2 + \frac{8}{85}S_9 &= \frac{183.186}{17} \\ -\frac{10}{17}X_2 + \frac{132}{17}X_3 + 2X_4 + \frac{24}{17}X_5 + S_3 + \frac{7}{85}S_9 &= \frac{183.820}{17} \\ -\frac{900}{17}X_2 - \frac{132}{17}X_3 - 30X_4 - \frac{730}{17}X_5 + S_4 + \frac{24}{17}S_9 &= \frac{145.260}{17} \\ \frac{10}{17}X_2 + \frac{55}{17}X_3 + 5X_4 + \frac{10}{17}X_5 + S_5 + \frac{2}{17}S_9 &= \frac{181.680}{17} \\ \frac{10}{17}X_2 + \frac{55}{17}X_3 + 5X_4 + \frac{10}{17}X_5 + S_6 + \frac{2}{17}S_9 &= \frac{182.870}{17} \\ X_1 + \frac{18}{17}X_2 + \frac{14}{17}X_3 + X_4 + \frac{18}{17}X_5 + S_7 &= \frac{80}{17} \end{aligned}$$

Gambar 2 menunjukkan tahapan iterasi 1 untuk fase 2.

Cj	Basic Variables	Quantity	20000 Kotak Tisu (X1)	15000 Bakul Nasi (X2)	45000 Tudung Saj (X3)	30000 Guci (X4)	25000 Rak Kosmetik (X5)	150000 Partisi (X6)	0 artfcl 1	0 surplus 1	0 slack 2	0 slack 3	0 slack 4	0 slack 5	0 slack 6	0 artfcl 7	0 artfcl 8	0 surplus 8	0 artfcl 9	0 surplus 9	
Iteration 9																					
0	surplus 8	46	4	4,0	4,0	4	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	-1	1	0	0
0	slack 2	10.738	-8	-9,0	-3,0	-6	-7	0	0	0	1	0	0	0	0	0	-13	0	0	0	0
0	slack 3	10.780,0	-7,0	-8,0	2,0	-5,0	-6,0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	-10,0	0	0	0	0
0	slack 4	7.980,0	-120	-180,0	-100	-150	-170	0	0	0	0	0	1	0	0	0	-210	0	0	0	0
0	slack 5	10.640,0	-10,0	-10,0	-5,0	-5,0	-10,0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	-20	0	0	0	0
0	slack 6	10.710,0	-10,0	-10,0	-5,0	-5,0	-10,0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	-15,0	0	0	0	0
0	surplus 9	400	85	90,0	70	85	90	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	0	0	-1	1
150000	Partisi (X6)	14,0	1	1,0	1,0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
0	surplus 1	660	135,0	140,0	75	90,0	130,0	0	-1	1	0	0	0	0	0	0	150	0	0	0	0
	zj	2.100.000	150000	150000	150000	150000	150000	150000	0	0	0	0	0	0	0	0	150000	0	0	0	0
	cj-zj		-130.000	-135.000,0	-105.000	-120.000	-125.000,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-150.000	0	0	0	0

Gambar 2. Iterasi Fase 2

Jadi, keuntungan optimal yang diperoleh oleh UMKM Rotan berjumlah Rp.2.100.000 dengan produksi 14 unit partisi. kebutuhan sumber daya yang tersedia selama 1 bulan yaitu Rotan pitrit diameter 3 mm sebanyak 600 batang, waktu pengukuran 42 menit, waktu pemotongan 40 menit, waktu perakitan 2.940 menit, waktu finishing 280 menit, waktu pengecatan 210 menit, tenaga kerja sebanyak 14 karyawan, kayu jati belanda 56 papan dan melamin 1.400 ml.

3.1. Analisis Sensitivitas

Ft Maksimasi:

$$Z = 20.000X_1 + 15.000X_2 + 45.000X_3 + 30.000X_4 + 25.000X_5 + 150.000X_6$$

Berdasarkan pada gambar 2 diatas dapat didefinisikan beberapa hal sebagai berikut:

BV = (S₈, S₂, S₃, S₄, S₅, S₆, S₉, X₆, S₁) NBV = (X₁, X₂, X₃, X₄, X₅, R₇)

$$\begin{aligned}
 X_{BV} &= \begin{bmatrix} S_8 \\ S_2 \\ S_3 \\ S_4 \\ S_5 \\ S_6 \\ S_9 \\ X_6 \\ S_1 \end{bmatrix} & X_{NBV} &= [X_1, X_2, X_3, X_4, X_5, R_7] \\
 B^{-1} &= \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 4 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -13 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -10 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & -210 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & -20 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & -15 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 100 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 150 \end{bmatrix} \\
 C_{BV}^{-1} &= [0 \quad 0 \quad 150.000 \quad 0] \\
 &= [0 \quad 0 \quad 150.000]
 \end{aligned}$$

3.1.1 Analisis Sensitifitas Perubahan Koefisien Fungsi Tujuan untuk Variabel Nonbasis

- Perubahan koefisien fungsi tujuan untuk variabel non basis X_1 (Kotak Tisu).
 Koefisien dari fungsi tujuan untuk X_1 adalah $C_1 = 20.000$ perubahan C_1 dari 20.000 menjadi $(20.000 + \Delta)$.

$$\hat{C}_1 = [0 \quad 0 \quad 150.000] \begin{bmatrix} 15 \\ 5 \\ 3 \\ 90 \\ 10 \\ 5 \\ 1 \\ 0 \\ 15 \end{bmatrix} - (20.000 + \Delta) = 2.230.000 - \Delta$$

Agar $\hat{C}_1 \geq 0$ dan BV tetap optimal, maka $2.230.000 \geq 0$ atau $\Delta \leq 2.230.000$.
 Jika keuntungan kotak tisu (C_1) sebesar Rp. 2.230.000 atau kurang, maka BV tetap optimal.
 Tetapi jika naik atau turun lebih dari Rp 2.230.000 maka solusi non basis tidak lagi optimal.

- Perubahan koefisien fungsi tujuan untuk variabel non basis X_2 (Keranjang Tempat Pensil).
 Koefisien dari fungsi tujuan untuk X_2 adalah $C_2 = 15.000$ perubahan C_2 dari 15.000 menjadi $(15.000 + \Delta)$.

$$\hat{C}_2 = [0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 150.000] \begin{bmatrix} 10 \\ 4 \\ 2 \\ 30 \\ 10 \\ 5 \\ 1 \\ 0 \\ 10 \end{bmatrix} - (15.000 + \Delta) = 1.485.000 - \Delta$$

Agar $\hat{C}_2 \geq 0$ dan BV tetap optimal, maka $1.485.000 \geq 0$ atau $\Delta \leq 1.485.000$.

Jika keuntungan keranjang tempat pensil (C_2) sebesar 1.485.000 atau kurang, maka BV tetap optimal. Tetapi jika naik atau turun lebih dari Rp 1.485.000 maka solusi non basis tidak lagi optimal.

- Perubahan koefisien fungsi tujuan untuk variabel non basis X_3 (Tudung Saji).

Koefisien dari fungsi tujuan untuk X_3 adalah $C_3 = 45.000$ perubahan C_3 dari 45.000 menjadi $(45.000 + \Delta)$.

$$\hat{C}_3 = [0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 150.000] \begin{bmatrix} 75 \\ 10 \\ 12 \\ 110 \\ 15 \\ 10 \\ 1 \\ 0 \\ 30 \end{bmatrix} - (45.000 + \Delta) = 4.455.000 - \Delta$$

Agar $\hat{C}_3 \geq 0$ dan BV tetap optimal, maka $4.455.000 \geq 0$ atau $\Delta \leq 4.455.000$.

Jika keuntungan tudung saji (C_3) sebesar 4.455.000 atau kurang, maka BV tetap optimal. Tetapi jika naik atau turun lebih dari Rp 4.455.000 maka solusi non basis tidak lagi optimal.

- Perubahan koefisien fungsi tujuan untuk variabel non basis X_4 (Guci).

Koefisien dari fungsi tujuan untuk X_4 adalah $C_4 = 30.000$ perubahan C_4 dari 30.000 menjadi $(30.000 + \Delta)$.

$$\hat{C}_4 = [0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 150.000] \begin{bmatrix} 60 \\ 7 \\ 5 \\ 60 \\ 15 \\ 10 \\ 1 \\ 0 \\ 15 \end{bmatrix} - (30.000 + \Delta) = 2.220.000 - \Delta$$

Agar $\hat{C}_4 \geq 0$ dan BV tetap optimal, maka $2.220.000 \geq 0$ atau $\Delta \leq 2.220.000$.

Jika keuntungan guci (C_4) sebesar Rp. 2.220.000 atau kurang, maka BV tetap optimal. Tetapi jika naik atau turun lebih dari Rp 2.220.000 maka solusi non basis tidak lagi optimal.

- Perubahan koefisien fungsi tujuan untuk variabel non basis X_5 (Rak Kosmetik).

Koefisien dari fungsi tujuan untuk X_5 adalah $C_5 = 25.000$ perubahan C_5 dari 25.000 menjadi $(25.000 + \Delta)$.

$$\hat{C}_5 = [0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 150.000] \begin{bmatrix} 20 \\ 6 \\ 4 \\ 40 \\ 10 \\ 5 \\ 1 \\ 0 \\ 100 \end{bmatrix} - (25.000 + \Delta) = 14.950.000 - \Delta$$

Agar $\hat{C}_5 \geq 0$ dan BV tetap optimal, maka $14.950.000 \geq 0$ atau $\Delta \leq 14.950.000$. Jika keuntungan rak kosmetik (C_5) sebesar 14.950.000 atau kurang, maka BV tetap optimal. Tetapi jika naik atau turun lebih dari Rp. 14.950.000 maka solusi non basis tidak lagi optimal.

3.1.2 Analisis Sensitifitas Perubahan Koefisien Fungsi Tujuan untuk Variabel Basis

Koefisien fungsi tujuan untuk variabel basis yaitu X_6 (Tas Rotan). Dengan mengubah koefisien fungsi tujuan pada variabel basis atau simpelnya mengubah CBV, sehingga beberapa koefisien pada baris 0 dari tabel optimal akan berubah.

1. Perubahan C_6 (Tas Rotan)

Keuntungan tas rotan (C_6) berubah dari 150.000 menjadi $(150.000 + \Delta)$ maka CVB yang baru adalah $[0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 150.000 + \Delta \ 0]$ sehingga:

$$C_{BV}B^{-1} = [0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 150.000 + \Delta \ 0] \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 4 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -13 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -10 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & -210 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & -20 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & -15 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 100 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 150 \end{bmatrix}$$

$$= [0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 150.000 + \Delta]$$

Koefisien baris 0 menjadi

- $C_1 = C_{BV}B^{-1} s_1 - c_1 = 205.000 + \Delta$
- $C_2 = C_{BV}B^{-1} a_2 - c_2 = 135.000 + \Delta$
- $C_3 = C_{BV}B^{-1} a_3 - c_3 = 405.000 + \Delta$
- $C_4 = C_{BV}B^{-1} c_4 - c_4 = 195.000 + \Delta$
- $C_5 = C_{BV}B^{-1} a_5 - c_5 = 125.000 + \Delta$
- $C_{R7} = C_{BV}B^{-1} R7 - C_{R7} = 1$

Maka dapat diketahui bahwa solusi basis akan optimal jika $\Delta \geq -405.000$. dengan kata lain jika C_6 turun lebih kecil dari -405.000 sehingga solusi basis saat ini tidak optimal, dan jika C_6 naik lebih dari Rp. -405.000 maka solusi basis saat ini akan optimal.

3.1.3 Analisis Sensitifitas Perubahan pada Ruas Kanan Pembatas

Dalam proses pembuatan kerajinan rotan yang berbahan baku rotan, IKM Rotan Elsindo akan membutuhkan penambahan Rotan Pitrit karena adanya penambahan produk Tudung Saji tiap bulan sehingga adanya penambahan pada jumlah rotan dalam membuat produk. B_1 adalah (Rotan Pitrit) dari 1.440 menjadi $(1.440 + \Delta)$ sehingga perhitungan ruas kanan menjadi :

$$B^{-1}b = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 4 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -13 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -10 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & -210 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & -20 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & -15 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 100 & 14 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 10 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 150 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1.440 + \Delta \\ 10.920 \\ 10.920 \\ 10.920 \\ 10.920 \\ 10.920 \\ 14 \\ 10 \\ 1.000 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 4.014 \\ -2.080 \\ 920 \\ -199.080 \\ -9.080 \\ -4.080 \\ 100.010 \\ 1.000 \\ 151.440 + \Delta \end{bmatrix}$$

Solusi basis akan optimal jika $\Delta \geq -15.440$. dengan demikian B_1 (Rotan Pitrit) tetap optimal sepanjang $151.440 + \Delta \geq 0$ atau $\Delta \geq -151.440 + \Delta$. B_1 adalah (Rotan Pitrit) dari 1.440 menjadi $(1.440 + \Delta)$. Maka penambahan Rotan Pitrit dapat dilakukan karena keuntungan yang diperoleh dari Rp. 2.100.000 menjadi Rp. 2.394.750 yang memiliki selisih Rp. 294.750. Jadi Tudung Saji hanya dapat diproduksi maksimal 6 unit dalam sebulan.

3.1.4 Analisis Sensitifitas Perubahan Kolom Variabel Nonbasis

Perubahan kolom variabel non basis dilakukan untuk memecahkan permasalahan pencarian solusi dari kasus yang diteliti. Perubahan yang dilakukan yaitu pada:

- a. Perubahan kolom X_1 (Kotak Tisu)

Perubahan terjadi pada proses pengecatan sehingga adanya penambahan waktu proses pengecatan selama 10 menit. Karena keuntungan produk X_1 (Kotak Tisu) lebih besar dari 0 yaitu Rp2.230.000 maka solusi optimal, sehingga perlu dilakukan perubahan kolom variabel non basis pada X_1 .

$$a_1 = \begin{bmatrix} 15 \\ 5 \\ 3 \\ 90 \\ 10 \\ 5 \\ 1 \\ 0 \\ 15 \end{bmatrix} \text{ diubah menjadi } \begin{bmatrix} 15 \\ 5 \\ 3 \\ 90 \\ 10 \\ 10 \\ 1 \\ 0 \\ 15 \end{bmatrix}$$

maka $C_1 = C_{BV}B^{-1}a_1 - c_1 = 2.230.000$. $C_1 > 0$ maka solusi optimal, sehingga perlu dilakukan perubahan kolom variabel non basis pada X_1 .

- b. Perubahan kolom X_2 (Keranjang Tempat pensil)

Perubahan terjadi pada proses perakitan sehingga adanya penambahan waktu selama 5 menit. Karena keuntungan produk X_2 (Keranjang Tempat Pensil) lebih besar dari 0 yaitu Rp1.485.000 maka solusi optimal, sehingga perlu dilakukan perubahan kolom variabel non basis pada X_2 .

$$a_2 = \begin{bmatrix} 10 \\ 4 \\ 2 \\ 30 \\ 10 \\ 5 \\ 1 \\ 0 \\ 10 \end{bmatrix} \text{ diubah menjadi } \begin{bmatrix} 10 \\ 4 \\ 2 \\ 35 \\ 10 \\ 5 \\ 1 \\ 0 \\ 10 \end{bmatrix}$$

maka $C_2 = C_{BV}B^{-1}a_2 - c_2 = 1.485.000$. $C_2 > 0$ maka solusi optimal, sehingga perlu dilakukan perubahan kolom variabel non basis pada X_2 .

c. Perubahan kolom X_3 (Tudung Saji)

Perubahan terjadi pada proses perakitan sehingga adanya penambahan waktu selama 5 menit. Karena keuntungan produk X_3 (Tudung Saji) lebih besar dari 0 yaitu Rp.4.455.000 maka solusi optimal, sehingga perlu dilakukan perubahan kolom variabel non basis pada X_3

$$a_3 = \begin{bmatrix} 75 \\ 10 \\ 12 \\ 110 \\ 15 \\ 10 \\ 1 \\ 0 \\ 30 \end{bmatrix} \text{ diubah menjadi } \begin{bmatrix} 75 \\ 10 \\ 12 \\ 115 \\ 15 \\ 10 \\ 1 \\ 0 \\ 30 \end{bmatrix}$$

maka $C_3 = C_{BV}B^{-1}$, $a_3 - c_3 = 4.455.000$. $C_3 > 0$ maka solusi optimal, sehingga perlu dilakukan perubahan kolom variabel non basis pada X_3 .

d. Perubahan kolom X_4 (Guci)

Perubahan terjadi pada proses perakitan sehingga adanya penambahan waktu selama 5 menit. Karena keuntungan produk X_4 (Guci) lebih besar dari 0 yaitu Rp2.220.000 maka solusi optimal, sehingga perlu dilakukan perubahan kolom variabel non basis pada X_4 .

$$a_4 = \begin{bmatrix} 60 \\ 7 \\ 5 \\ 60 \\ 15 \\ 10 \\ 1 \\ 0 \\ 15 \end{bmatrix} \text{ diubah menjadi } \begin{bmatrix} 60 \\ 7 \\ 5 \\ 65 \\ 15 \\ 10 \\ 1 \\ 0 \\ 15 \end{bmatrix}$$

maka $C_4 = C_{BV}B^{-1}$, $a_4 - c_4 = 2.220.000$. $C_4 > 0$ maka solusi optimal, sehingga perlu dilakukan perubahan kolom variabel non basis pada X_4 .

e. Perubahan kolom X_5 (Rak Kosmetik)

Perubahan terjadi pada proses perakitan sehingga adanya penambahan waktu selama 5 menit. Karena keuntungan produk X_5 (Rak Kosmetik) lebih besar dari 0 yaitu Rp. 1.475.000 maka solusi optimal, sehingga perlu dilakukan perubahan kolom variabel non basis pada X_5 .

$$A_5 = \begin{bmatrix} 20 \\ 6 \\ 4 \\ 40 \\ 10 \\ 5 \\ 1 \\ 0 \\ 10 \end{bmatrix} \text{ diubah menjadi } \begin{bmatrix} 20 \\ 6 \\ 4 \\ 45 \\ 10 \\ 5 \\ 1 \\ 0 \\ 10 \end{bmatrix}$$

maka $C_5 = C_{BV}B^{-1}$, $a_5 - c_5 = 1.475.000$. $C_5 > 0$ maka solusi optimal, sehingga perlu dilakukan perubahan kolom variabel non basis pada X_5 .

3.1.5 Analisis Sensitifitas Penambahan Suatu Aktivitas Baru

Penambahan suatu aktivitas baru yaitu menambah produk ke-7 yaitu Tas Rotan. Ft maksimasi:

$$Z = 20.000 X_1 + 15.000 X_2 + 45.000 X_3 + 30.000 X_4 + 25.000 X_5 + 150.000 X_6 + 50.000 X_7$$

$$C_7 = [0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 150.000] \begin{bmatrix} 70 \\ 13 \\ 10 \\ 90 \\ 15 \\ 10 \\ 1 \\ 0 \\ 30 \end{bmatrix} - 50.000 = 4.450.000$$

Solusi basis yang diperoleh saat ini optimal sehingga produk ke-7 yaitu Tas Rotan tidak perlu dibuat karena akan mengeluarkan ongkos sebesar Rp 4.450.000 tanpa memperoleh keuntungan apapun.

3.1.6 Analisis Sensitifitas Penambahan Pembatas Baru

Penambahan pembatas baru akan mempengaruhi penyelesaian optimal apabila batasan tersebut aktif artinya batasan tersebut belum cukup dengan batasan-batasan yang ada. Adapun penambahan pembatas baru yang dilakukan yaitu menambah proses penjemuran.

Ft Maksimasi:

$$Z = 20.000 X_1 + 15.000 X_2 + 45.000 X_3 + 30.000 X_4 + 25.000 X_5 + 150.000 X_6$$

Gambar 3 menunjukkan analisis sensitivitas yang dilakukan dilakukan pengolahan data menggunakan *software QM for Windows 4*.

Variable	Status	Value
Tudung Saji (X3)	NONBasic	0
Guci (X4)	NONBasic	0
Rak Kosmetik (X5)	NONBasic	0
Partisi (X6)	Basic	14
surplus 1	Basic	660
slack 2	Basic	10738
slack 3	Basic	10780
slack 4	Basic	7980
slack 5	Basic	10640
slack 6	Basic	10710
artfcl 7	NONBasic	0
surplus 8	Basic	46
surplus 9	Basic	400
slack 10	Basic	10640
Optimal Value (Z)		2100000

Gambar 3. *Solution List* Penambahan Pembatas Baru

Jadi, penambahan pembatas baru tidak mempengaruhi solusi optimal, karena keuntungan produk yang di produksi tetap.

4. Kesimpulan

Solusi optimal yang diperoleh dari produksi *handicraf* rotan yaitu sebesar Rp. 2.100.000 yang dimana kebutuhan sumber daya yang tersedia selama 1 bulan yaitu Rotan Pitrit diameter 3 mm sebanyak 600 batang, waktu pengukuran 42 menit, waktu pemotongan 40 menit, waktu perakitan 2.940 menit, waktu *finishing* 280 menit, waktu pengecatan 210 menit, tenaga kerja sebanyak 14 karyawan, kayu jati belanda 56 papan dan melamin 1.400 ml.

Berdasarkan analisis sensitivitas terhadap perubahan koefisien fungsi tujuan variabel non basis akan tetap optimal jika Rp. 2.230.000 untuk Kotak Tisu, Rp. 1.485.000 untuk Keranjang Tempat Pensil, Rp. 4.455.000 untuk Tudung Saji, Rp. 2.220.000 untuk Guci dan Rp. 14.950.000 untuk Rak Kosmetik. Berdasarkan fungsi tujuan variabel basis menghasilkan solusi tetap optimal jika kecil dari Rp. - 405.000. Perubahan pada ruas pembatas kanan akan menghasilkan solusi optimal apabila produk tudung saji di produksi 6 unit dalam sebulan. Perubahan kolom variabel

nonbasis dapat membuat solusi menjadi optimal. Penambahan suatu aktivitas baru yaitu proses penjemuran tidak perlu dibuat karena akan mengeluarkan ongkos sebesar Rp. 4.450.000 tanpa memperoleh keuntungan apapun dan untuk penambahan pembatas baru tidak mempengaruhi solusi optimal karena keuntungan produk yang diproduksi tetap.

Kelanjutan dari kajian ini ialah dengan menggunakan metode *Fuzzy Linear Programming*. *Fuzzy Linear Programming* merupakan metode yang digunakan untuk memaksimalkan nilai fungsi tujuan yang di dapatkan dari *Linear Programming* dengan menggunakan bilangan *Fuzzy*.

Referensi

- [1] Neba, B., Enongene, K., Kaam, R., Cedric, C., Walter, G., Princely, N., & Armand, T. Current Research in Environmental Sustainability Spatial distribution of rattan and indigenous perspectives vis- a growth rate of economically important rattan species in Cameroon : Sustainability and policy implications. *Current Research in Environmental Sustainability*.2022;100151.
- [2] Zhao, H., Wang, J., Meng, Y., Li, Z., Fei, B., Das, M., & Jiang, Z. Bamboo and rattan : Nature-based solutions for sustainable development. *The Innovation*.2022;3(6):100337.
- [3] Clacier, R., Fitriani, R., & Wahyudin, W. Optimalisasi Keuntungan Menggunakan Program Linier dengan Metode Simpleks dan POM-QM pada Produksi Tahu. *Jurnal Serambi Engineering*.2023;8(2):5162–5169.
- [4] Latief, F., Dirwan, D., Suriyanti, S., & Ramlawati, R. Analisis Perencanaan Produksi Dengan Metode Linear Programming Guna Memaksimalkan Keuntungan. *Economics and Digital Business Review*. 2023; 4(1):383–397.
- [5] Lina, T. N., Supriyanto Rumatna, M., Tindage, J., Hermawan, A., Sinaga, E. M., Lafu, F., Patulak, I. S., & Kamousum, Y. Analisis Optimalisasi Penjualan Menggunakan Metode Simpleks Pada Usaha Kecil Menengah. *Journal of Computer Science and Technology JCS-TECH*.2022;2(2):22–30.
- [6] Rumatna, M. S., Lina, T. N., Rustam, M. Y., Sitaniapessy, S. F., Soulisa, D. I., Sihombing, D. S., Kareth, S., & Kadiwaru, Y. Optimalisasi Penjualan Noken Kulit Kayu Menggunakan Metode Simpleks Dan Software Pom-Qm. *Computer Based Information System Journal*.2022;8(2):37–45.
- [7] Pardeshi, S., Gawade, S., & Hemant, P. Social Sciences & Humanities Open Student learning time analysis during COVID-19 using linear programming - Simplex method. *Social Sciences & Humanities Open*.2022;(1):100266.
- [8] Kuba, S. Optimalisasi Perlindungan Saksi dan Korban Dalam Rangka Memantapkan Penegakan Hukum Di Indonesia. *Jurnal Kajian Ilmiah*.2022;22(1):89–100.
- [9] Purba, S.D., & Ahyaningsih, F. Integer Programming Dengan Metode Branch and Bound Dalam Optimasi Jumlah Produksi Setiap Jenis Roti Pada Pt. Arma Anugerah Abadi. *Karismatika*.2020;6(3):20–29.
- [10] Aini, S., Fikri, A. J., Sukandar, R. S., Bangsa, U. B., Matematika, P., Bangsa, B., & Simpleks, M. *Optimalisasi keuntungan produksi makanan menggunakan pemrograman linier melalui metode simpleks*.2021;1(1):1–16.
- [11] Susanti, V. Optimalisasi Produksi Tahu Menggunakan Program Linear Metode Simpleks. *MATHunesa: Jurnal Ilmiah Matematika*.2021;9(2):399–406.
- [12] Zakri, R. S., & Saldy, T. G. Analisis Sensitivitas Deterministik Investasi Pengadaan Alat Berat di Perusahaan Pertambangan Batubara dengan Metode NPV. *Jurnal Bina Tambang*.2019;4(3):395–405.
- [13] Fachri, B., Windarto, A. P., & Parinduri, I. Penerapan Backpropagation dan Analisis Sensitivitas pada Prediksi Indikator Terpenting Perusahaan Listrik. *Jurnal Edukasi dan Penelitian Informatika (JEPIN)*.2019;5(2): 202.