

**Optimalisasi Keuntungan Produk Olahan Nira Aren
Di Kelurahan Lowu Satu dan Lowu Dua Kabupaten Minahasa Tenggara**

***Optimizing Profits from Processed Palm Sap Products
In Lowu Satu and Lowu Dua Subdistricts, Southeast Minahasa Regency***

Marlon Anggrendi Wanta^(*), Agnes Estephina Loho, Theodora Maulina Katiandagho

Program Studi Agribisnis, Fakultas Pertanian, Universitas Sam Ratulangi, Manado

*Penulis untuk korespondensi: marlonwanta034@student.unsrat.ac.id

Naskah diterima melalui e-mail jurnal ilmiah agrisocioekonomi@unsrat.ac.id	: Rabu, 27 Agustus 2025
Disetujui diterbitkan	: Jumat, 30 Januari 2026

ABSTRACT

This study aims to determine the optimal combination of profits from processed palm sap into three types of products, namely Printed Palm Sugar, Ant Palm Sugar, and Cap Tikus in Lowu Satu and Lowu Dua Villages, Ratahan District. The data used in this study are primary and secondary data. The sampling method uses purposive sampling. The data analysis method uses Linear Programming using POM-QM software. The results of this study indicate that the production carried out by craftsmen in Lowu Satu and Lowu Dua Villages is not optimal. The optimal production value from the optimization results of this study shows maximum profits when craftsmen produce 4.67 kg of Printed Palm Sugar, 14.11 kg of Ant Palm Sugar, and 42 liters of Cap Tikus, resulting in a profit of Rp808,371.30. This shows an increase compared to actual conditions. Sensitivity analysis also shows that working hours, Ant Palm Sugar production capacity, and Cap Tikus production capacity are active constraints that affect the final result.

Keywords: profit; optimization; processed products; palm sap; printed palm sugar; ant palm sugar; rat brand

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan kombinasi keuntungan optimal dari produk olahan nira aren menjadi tiga jenis produk yaitu produk Gula Aren Cetak, Gula Aren Semut, dan Cap Tikus di Kelurahan Lowu Satu dan Lowu Dua, Kecamatan Ratahan. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data primer dan data sekunder. Metode pengambilan sampel menggunakan *purposive sampling*. Metode analisis data menggunakan *Linear Programming* dengan menggunakan software POM-QM. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa produksi yang dilakukan pada pengrajin di Kelurahan Lowu Satu dan Lowu Dua belum optimal. Nilai produksi yang optimal dari hasil optimasi penelitian ini menunjukkan keuntungan maksimal ketika pengrajin memproduksi 4,67 kg Gula Aren Cetak, 14,11 kg Gula Aren Semut, dan 42 liter Cap Tikus, menghasilkan keuntungan sebesar Rp808.371,30. Ini menunjukkan peningkatan dibandingkan kondisi aktual. Analisis sensitivitas juga menunjukkan bahwa jam kerja, kapasitas produksi Gula Aren Semut, dan kapasitas produksi Cap Tikus merupakan kendala aktif yang memengaruhi hasil akhir.

Kata kunci : keuntungan; optimalisasi; produk olahan; nira aren; gula aren cetak; gula aren semut; cap tikus

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Perkebunan di Sulawesi Utara, khususnya di wilayah Minahasa Tenggara, menjadi salah satu tulang punggung ekonomi masyarakat lokal. Aren merupakan salah satu komoditas unggulan, yang banyak tumbuh di daerah Minahasa Tenggara dan telah lama dimanfaatkan sebagai sumber kehidupan masyarakat. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS) Kabupaten Minahasa Tenggara tahun 2023, industri pengolahan Perkebunan menyumbang (12,08%) terhadap PDRB. Menurut Asir *et al.*, (2022) pertanian merupakan kegiatan yang dilakukan oleh manusia dengan memanfaatkan sumber daya alam yang tersedia untuk menghasilkan bahan makanan, sumber energi, atau bahan baku industri. Dalam sektor pertanian, komoditas aren (*Arenga pinnata*) menempati posisi strategis dengan luas lahan mencapai 1.850 hektar yang tersebar di 18 desa, termasuk di Kecamatan Ratahan.

Hampir semua tanaman aren ini dapat dimanfaatkan dan memiliki nilai ekonomi, seperti buah manggar betinanya yang dimanfaatkan sebagai produk kolang kaling, akar yang dimanfaatkan sebagai obat tradisional, batang dan daun yang bisa dimanfaatkan sebagai bahan baku tali, sapu, sikat, filter air, atap ijuk, dan aneka olahan lainnya. manggar Jantan yang bisa dibuat menjadi nira aren, madu aren, dan produk turunannya seperti Gula Aren Cetak, Gula Aren Semut, dan Cap Tikus (alkohol tradisional). Selain sebagai sumber pendapatan terbesar, juga berfungsi sebagai penyerap lapangan pekerjaan bagi masyarakat atau penduduk di daerah pedesaan, Industri pengolahan hasil perkebunan memegang peran krusial dalam meningkatkan ekonomi komoditas lokal. Salah satu sektor yang potensial namun belum tergarap optimal adalah pengolahan nira aren (*Arenga pinnata*). Di banyak daerah, nira aren hanya diolah menjadi gula cetak tradisional, padahal dapat didiversifikasi menjadi produk bernilai tinggi seperti Gula Aren Semut dan Cap Tikus. Tantangan utama industri skala kecil adalah inefisiensi produksi, alokasi sumberdaya tidak optimal, dan kurangnya penerapan teknologi tepat guna. termasuk juga Kabupaten Minahasa Tenggara terlebih khusus Kecamatan Ratahan, yang menjadi mata pencaharian pokok sebagian besar masyarakat adalah pohon aren, terutama dalam pemanfaatan niranya (Dransfield *et al.*, 2008).

Gula Aren Cetak, Gula Aren Semut dan Cap Tikus merupakan produk turunan nira yang memiliki nilai ekonomi, baik sebagai komoditas

lokal maupun produk ekspor. Di Minahasa Tenggara, produksi Gula Aren Cetak, Gula Aren Semut dan Cap Tikus telah lama menjadi sumber penghasilan masyarakat, terutama di daerah penghasil kelapa dan aren seperti Ratahan, Tombatu, dan Touluaan. Namun, potensi ini belum dimanfaatkan secara optimal. Data Dinas Pertanian Minahasa Tenggara (2023) menunjukkan bahwa 65% produsen Gula Aren Cetak, Gula Aren Semut dan Cap Tikus masih berskala rumahan dengan produktivitas fluktuatif, bergantung pada musim panen nira. Sementara itu, permintaan pasar terus meningkat, baik domestik maupun ekspor ke negara Asia seperti Jepang dan Korea, yang menghargai produk organik. Namun, petani dan pengusaha kecil sering kali menghadapi tantangan dalam mengoptimalkan keuntungan.

Beberapa masalah yang dihadapi produsen produk olahan nira di Kelurahan Lowu Satu dan Lowu Dua Ratahan, Kabupaten Minahasa Tenggara meliputi alokasi bahan baku yang belum optimal, nira aren sebagai bahan baku utama memiliki ketersediaan terbatas dan musiman, sehingga perlu dialokasikan secara efisien antara produksi Gula Aren Cetak, Gula Aren Semut dan Cap Tikus. Biaya produksi tinggi proses produksi masih tradisional dengan pemborosan sumberdaya, seperti jam kerja, dan ketidakpastian keuntungan. Produsen sering kesulitan menentukan kombinasi produksi Gula Aren Cetak, Gula Aren Semut, dan Cap Tikus yang memberikan keuntungan maksimal karena kurangnya perhitungan berbasis data.

Untuk menjawab masalah ini, diperlukan penelitian untuk mengetahui kombinasi masing-masing produk olahan nira aren agar dapat diperoleh keuntungan maksimum. Memaksimalkan keuntungan dengan mempertimbangkan berbagai kendala, seperti ketersediaan nira aren, waktu jam kerja, dan kapasitas produksi.

Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian untuk menentukan kombinasi produksi keuntungan optimal dari pengolahan nira aren menjadi Gula Aren Cetak, Gula Aren Semut dan Cap Tikus guna memaksimalkan keuntungan produsen/pengrajin di Kelurahan Lowu Satu dan Lowu Dua dengan mempertimbangkan kendala nyata seperti bahan baku, tenaga kerja, kapasitas produksi, dan bahan bakar.

Manfaat Penelitian

1. Bagi produsen memberikan panduan produksi berbasis data untuk meningkatkan keuntungan hingga 20–30% (estimasi awal).

2. Bagi pemerintah daerah memberikan acuan dalam menyusun program pelatihan UMKM berbasis sains.
3. Bagi peneliti memahami model program linear dengan kendala riil di lapangan.

METODE PENELITIAN

Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan selama 4 bulan dari bulan April sampai bulan Juli 2025. Tempat penelitian ini dilakukan di Kelurahan Lowu Satu dan Kelurahan Lowu Dua, Kecamatan Ratahan, Kabupaten Minahasa Tenggara, Provinsi Sulawesi Utara.

Metode Pengumpulan Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data primer dan data sekunder. Data yang dikumpulkan berasal dari sumber primer adalah data yang diperoleh dari wawancara langsung dengan produsen/petani pengolah nira aren, dan data sekunder dari Kantor Kelurahan Lowu Satu dan Lowu Dua.

Metode Pengambilan Sampel

Metode pengambilan sampel dalam penelitian ini menggunakan *purposive sampling* sebagai teknik pengambilan sampel dengan pertimbangan sesuai dengan kriteria yang diinginkan. Adapun kriteria responden dalam penelitian ini adalah:

1. Pengrajin/petani yang memproduksi Gula Aren Cetak, Gula Aren Semut, Atau Cap Tikus.
2. Berdomisili di Kelurahan Lowu Satu dan Lowu Dua Kecamatan Ratahan, Kabupaten Minahasa Tenggara
3. Memiliki pengalaman minimal 5 tahun dalam usaha pengolahan nira aren menjadi Gula Aren Cetak, Gula Aren Semut dan Cap Tikus.
4. Dengan produksi masing-masing produk nira aren dengan pendapatan tertinggi di wilayah penelitian.
5. Dengan produksi masing-masing produk nira aren dengan volume produksi tertinggi di wilayah penelitian.
6. Pengrajin pengolah nira aren dalam memproduksi Produk Gula Aren Cetak, Gula Aren Semut dan Cap Tikus.
7. Dengan produksi masing-masing produk nira aren dengan sumberdaya produksi tertinggi di wilayah penelitian.
8. Bersedia menjadi responden penelitian.

Konsep Pengukuran Variabel

Variabel yang akan diukur dalam penelitian ini berikut:

1. Variabel Penyusun Fungsi Tujuan
 - a. Aktivitas dalam penelitian ini ada tiga aktivitas yaitu, aktivitas pembuatan Gula Aren Cetak sebagai variabel (x_1), Gula Aren Semut (x_2) dan Cap Tikus(x_3).
 - b. Variabel tujuan dalam penelitian ini adalah maksimalisasi keuntungan dalam olahan produk nira aren.
2. Variabel Pengukur Kendala

Variabel yang dimaksud adalah variabel sumberdaya yang ada dalam proses produksi Gula Aren Cetak (x_1), Gula Aren Semut (x_2) dan Cap Tikus (x_3):

 - a. Bahan baku utama nira yang digunakan.
 - b. Tenaga kerja yaitu jumlah jam kerja pada masing-masing aktivitas produksi.
 - c. Kapasitas produksi yaitu jumlah produksi pada masing-masing aktivitas.
3. Variabel Sebelah Kanan/Jumlah Keterbatasan Persediaan
 - a. Bahan baku yaitu ketersediaan nira dalam 1 hari.
 - b. Tenaga kerja yaitu ketersediaan jam kerja dalam 1 hari.
 - c. Kapasitas produksi yaitu ketersediaan kapasitas produksi dalam 1 hari.

Metode Analisa Data

Analisis yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Linear Programming* dengan menggunakan software POM-QM. Langkah – langkah analisis berikut:

1. Penyusun Variabel Keputusan

Variabel keputusan dalam penelitian ini adalah memaksimumkan keuntungan:

$$Z = c_1x_1 + c_2x_2 + c_3x_3$$

Dimana formulasi fungsi tujuan maksimisasi berikut:

$$Z_{\max} = c_1x_1 + c_2x_2 + c_3x_3$$

Keterangan:

- c_1 = Keuntungan Produk Gula Aren Cetak
- c_2 = Keuntungan Produk Gula Aren Semut
- c_3 = Keuntungan Produk Cap Tikus
- x_1 = Jumlah Produksi Gula Aren Cetak
- x_2 = Jumlah Produksi Gula Aren Semut
- x_3 = Jumlah Produksi Cap Tikus

2. Formulasi Kendala Produksi meliputi:

- a. Nira Aren

$$a_{11}(x_1) + a_{12}(x_2) + a_{13}(x_3)$$

Keterangan:

- a11 = Koefisien Penggunaan Bahan Baku Nira Aren Per Unit Gula Aren Cetak
 - a12 = Koefisien Penggunaan Bahan Baku Nira Aren Per Unit Gula Aren Semut
 - a13 = Koefisien Penggunaan Bahan Baku Nira Aren Per Unit Cap Tikus
 - x1 = Variabel Keputusan Jumlah Nira Produk Gula Aren Cetak
 - x2 = Variabel Keputusan Jumlah Nira Produk Gula Aren Semut
 - x3 = Variabel Keputusan Jumlah Nira Produk Cap Tikus
 - b. Tenaga Kerja (Jam Kerja)

$$a_{21}(x_1) + a_{22}(x_2) + a_{23}(x_3)$$
 Keterangan:
 - a21 = Koefisien Penggunaan Tenaga Kerja Gula Aren Cetak
 - a22 = Koefisien Penggunaan Tenaga Gula Aren Semut
 - a23 = Koefisien Penggunaan Tenaga Cap Tikus
 - x1 = Variabel Keputusan Jumlah Jam Tenaga Kerja Gula Aren Cetak
 - x2 = Variabel Keputusan Jumlah Tenaga Kerja Gula Aren Semut
 - x3 = Variabel Keputusan Jumlah Tenaga Kerja Cap Tikus
 - c. Kapasitas Produksi

$$a_{31}(x_1) + a_{32}(x_2) + a_{33}(x_3)$$
 Keterangan:
 - a21 = Koefisien Penggunaan Kapasitas Produksi Gula Aren Cetak
 - a22 = Koefisien Penggunaan Kapasitas Produksi Gula Aren Semut
 - a33 = Koefisien Penggunaan Kapasitas Produksi Cap Tikus
 - x1 = Kapasitas Produksi Gula Aren Cetak Variabel Keputusan Jumlah Kapasitas
 - x2 = Produksi Gula Aren Semut Variabel Keputusan Jumlah Kapasitas
 - x3 = Produksi Cap Tikus
3. Penyusunan Nilai Sebelah Kanan
- a. Bahan Baku

$$a_{11}(x_1) + a_{12}(x_2) + a_{13}(x_3) \leq b_1$$
 - b. Jam Kerja

$$a_{21}(x_1) + a_{22}(x_2) + a_{23}(x_3) \leq b_2$$
 - c. Kapasitas Produksi

$$a_{31}(x_1) + a_{32}(x_2) + a_{33}(x_3) \leq b_3$$
4. Penyelesaian Model Menggunakan Software POM-QM

Tabel 1. Software POM-QM

Z (max)	c_1x_1	c_1x_1	c_1x_1	RHS
Bahan Baku	$a_{11}(x_1)$	$a_{12}(x_1)$	$a_{13}(x_1)$	$\leq b_1$
Jam Kerja	$a_{21}(x_1)$	$a_{22}(x_1)$	$a_{23}(x_1)$	$\leq b_2$
Kapasitas Produksi	$a_{31}(x_1)$	$a_{32}(x_1)$	$a_{33}(x_1)$	$\leq b_3$

Sumber: Susanto (2006) & Winston (2003)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Deskripsi Wilayah Penelitian

Kelurahan Lowu Satu dan Kelurahan Lowu Dua merupakan salah satu dari kecamatan yang ada di Kabupaten Minahasa Tenggara. Kelurahan Lowu Satu dan Kelurahan Lowu Dua merupakan bagian dari 9 kelurahan di Kecamatan Ratahan, Kabupaten Minahasa Tenggara. Kelurahan ini masing-masing terdiri dari 4 lingkungan. Kelurahan Lowu Satu dan Kelurahan Lowu Dua merupakan kelurahan yang terletak di Kecamatan Ratahan dengan batas-batas wilayah.

Kelurahan Lowu Satu:

- Sebelah Timur : Kelurahan Lowu Utara
- Sebelah Barat : Kelurahan Tosuraya
- Sebelah Utara : Kelurahan Lowu Dua
- Sebelah Selatan : Kelurahan Wawali

Kelurahan Lowu Dua:

- Sebelah Timur : Kelurahan Wawali Pasan
- Sebelah Barat : Kelurahan Tosuraya
- Sebelah Utara : Kelurahan Lowu Satu
- Sebelah Selatan : Kelurahan Lowu Satu

Karakteristik Responden

Karakteristik responden dalam penelitian ini menggambarkan para pelaku usaha atau pengrajin yang terlibat langsung dalam kegiatan pengolahan nira aren menjadi Gula Aren Cetak, Gula Aren Semut, dan Cap Tikus di Kelurahan Lowu Satu dan Lowu Dua, Kecamatan Ratahan, Kabupaten Minahasa Tenggara. Jumlah responden yang terlibat dalam penelitian ini sebanyak delapan orang, yang terdiri dari lima pengrajin Gula Aren Cetak, satu pengrajin Gula Aren Semut, dan dua pengrajin Cap Tikus.

Kelurahan Lowu Satu terdapat pengrajin Gula aren cetak sejumlah dua orang dan Kelurahan Lowu Dua terdapat pengrajin Gula Aren Cetak sejumlah tiga orang, kemudian Gula Aren Semut hanya terdapat satu orang pengrajin di Kelurahan Lowu Satu. Kemudian Cap Tikus berada di Kelurahan Lowu Dua dengan jumlah dua orang pengrajin.

Tabel 2. Responden Pengrajin Di Kelurahan Lowu Satu dan Lowu Dua

No	Kelurahan	Responden (Pengrajin)	Persentase (%)
1	Lowu Satu	3	37,50
2	Lowu Dua	5	62,50
Jumlah		8	100

Sumber: Data Primer, 2025

Tabel 2 menunjukkan bahwa tiga orang (37,5%) berasal dari Kelurahan Lowu Satu, dan lima orang (62,5%) berasal dari Kelurahan Lowu Dua.

Umur Responden

Tabel 3. Jumlah Responden Menurut Kelompok Umur

No	Umur (Tahun)	Responden (Orang)	Persentase (%)
1	25 – 39	1	12,50
2	40 – 49	4	50,00
3	50 – 60	3	37,50
Jumlah		8	100

Sumber: Data Primer, 2025

Tabel 3 menunjukkan bahwa hanya satu orang (12,5%) berada pada rentang umur 25–39 tahun, mayoritas responden berada pada rentang usia produktif. Sebanyak empat orang (50%) berada pada rentang umur 40–49 tahun, tiga orang (37,5%) berusia 50–60 tahun.

Pengalaman Responden Pengolah Nira Aren

Tabel 4. Pengalaman Responden

No	Pengalaman (Tahun)	Responden (Orang)	Persentase (%)
1	< 3	0	0
2	4 – 5	0	0
3	> 5	8	100
Jumlah		8	100

Sumber: Data Primer, 2025

Tabel 4 menunjukkan bahwa seluruh responden (100%) telah menjalankan kegiatan pengolahan nira aren selama lebih dari 5 tahun. Fakta ini mencerminkan bahwa para pelaku usaha memiliki pengalaman yang cukup dalam mengelola usaha produksi Gula Aren Cetak, Gula Aren Semut, maupun Cap Tikus, meskipun dalam skala rumah tangga dan dengan pendekatan tradisional. Dengan demikian, responden dalam penelitian ini menunjukkan bahwa usaha pengolahan nira aren di wilayah ini dikuasai oleh pelaku usaha berpengalaman, berusia matang, dan tersebar dominan di Kelurahan Lowu Dua.

Produk Olahan Nira Aren

Produk olahan nira aren merupakan hasil dari proses pemanfaatan nira pohon aren (*Arenga pinnata*) yang diperoleh melalui penyadapan manggar jantan. Di Kelurahan Lowu Satu dan Lowu Dua, Kecamatan Ratahan, Kabupaten Minahasa

Tenggara, nira aren diolah menjadi tiga produk utama, yaitu Gula Aren Cetak, Gula Aren Semut, dan Cap Tikus (minuman fermentasi tradisional). Usaha pengolahan ini dilakukan oleh masyarakat dengan skala produksi kecil dan peralatan sederhana, sehingga secara umum dikategorikan sebagai industri rumah tangga.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat delapan pengrajin aktif yang tersebar di dua kelurahan, dengan rincian lima orang mengolah Gula Aren Cetak, satu orang memproduksi Gula Aren Semut, dan dua orang mengolah Cap Tikus. Seluruh pelaku usaha telah menjalankan kegiatan pengolahan selama lebih dari lima tahun, yang menunjukkan adanya pengalaman serta keterampilan tradisional yang cukup kuat dalam memproduksi ketiga produk tersebut.

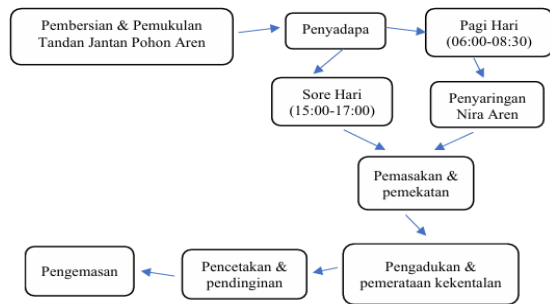
Produk olahan nira aren ini bersifat padat karya dan sangat bergantung pada ketersediaan bahan baku (nira), tenaga kerja (jam kerja per hari), dan kapasitas alat produksi. Kegiatan produksi umumnya dilakukan di lokasi Perkebunan masyarakat, dengan bahan bakar utama berupa kayu bakar.

Produk Gula Aren Cetak (GAC)

1. Proses Produksi Gula Aren Cetak

Produk Gula Aren Cetak ini terbuat dari nira aren yang di dapat dari penyadapan pohon aren Jantan yang sudah melalui proses pemukulan kurang lebih dua sampai tiga minggu dan mengeluarkan air nira yang disebut (saguer) oleh Masyarakat Minahasa, nira aren ini kemudian dikumpulkan dengan jirigen/galon lalu diproses dengan cara dimasak di tungku menggunakan kowali dan bahan bakar kayu sebagai sumber panas, setelah mendidih di disaring kotorannya lalu dimasak empat sampai lima jam hingga mengental dan di ambil sedikit untuk melihat Tingkat kematangannya sampai keras saat di celupkan kedalam air dingin, setelah mengeras diangkat dan diaduk hingga pematangan tercampur sempurna dan dituangka ke dalam cetakan berupa batok tempurung kelapa yang sudah di diamkan dalam air dan dicuci bersih kemudian di berikan daun/plastik untuk menutupi bagian batok yang lobang agar mudah untuk dikeluarkan dalam cetakan, setelah sepuluh sampai 15 menit Gula Aren Cetak di pisahkan dari tempurung kelapa dan di diamkan hingga dingin, lalu gula dikemas dengan kemasan plastic yang sudah disediakan pengrajin saat gula aren belum masak, total jam kerja yang digunakan

dalam proses produksi 9 jam, dari nira 200 liter dan kapasitas produksi mencapai 24,69 kg.



Gambar 1. Bagan Alir Produksi Gula Aren Cetak

2. Nilai Ekonomi Gula Aren Cetak

Gula Aren Cetak merupakan salah satu produk olahan nira yang memiliki nilai ekonomi penting bagi masyarakat di wilayah pedesaan. Nilai ekonomi dilihat beberapa aspek berikut:

- a. Sumber Pendapatan Harian: Rata-rata pengrajin Gula Aren Cetak memperoleh keuntungan sebesar Rp 46.117,49 per hari.
- b. Biaya Produksi Relatif Rendah: Proses produksi Gula Aren Cetak umumnya hanya membutuhkan bahan baku utama berupa nira segar dan bahan penolong seperti kayu bakar dan minyak kelapa, yang semuanya dapat diperoleh secara lokal.
- c. Permintaan Pasar Yang Konsisten: Gula aren cetak menjadi produk yang dibutuhkan oleh masyarakat luas untuk konsumsi harian, baik sebagai pemanis tradisional maupun bahan baku industri makanan.
- d. Mendorong Aktivitas Ekonomi Rumah Tangga: Produksi dalam skala kecil di rumah, usaha ini juga membuka lapangan kerja skala mikro dan melibatkan anggota keluarga, menjadikannya sebagai bentuk industri rumah tangga padat karya yang bernilai sosial dan ekonomi sekaligus.
- e. Potensi Pengembangan Nilai Tambah: Meskipun bernilai ekonomi lebih rendah dibanding Gula Aren Semut atau Cap Tikus, Gula Aren Cetak tetap memiliki peluang pengembangan nilai tambah, misalnya dengan inovasi kemasan, sertifikasi produk, atau integrasi ke usaha pengolahan lanjutan.

3. Analisis Keuntungan Gula Aren Cetak

- a. Komponen Biaya Produksi Gula Aren Cetak

Tabel 5. Komponen Biaya Gula Aren Cetak

Komponen Biaya	Biaya (Rp)
Biaya Tetap	11.793,98
Biaya Variabel	628.652,38
Total Biaya	640.446,36

Sumber: Data Primer, 2025

Tabel 5 menunjukkan bahwa biaya tetap dalam pengrajin pertama Gula Aren Cetak sebesar Rp11.793,98, biaya tetap tersebut dihitung berdasarkan penyusutan alat dalam satu hari atau satu kali proses produksi, data yang terperinci terdapat dalam lampiran satu. Biaya variabel dalam pengrajin pertama Gula Aren Cetak sebesar Rp628.652,38. Total biaya diperoleh dari penjumlahan biaya tetap dan biaya variabel, dengan total biaya sebesar Rp640.446,36.

- b. Penerimaan Gula Aren Cetak

Tabel 6. Penerimaan Produksi Gula Aren Cetak

Komponen Biaya	Biaya (Rp)
Harga	28.500
Jumlah Produksi	24,96
Penerimaan (TR)	711.360,00
TR/Unit	28.500,00

Sumber: Data Primer, 2025

Tabel 6 menunjukkan bahwa komponen pendapatan dari penjualan produk Gula Aren cetak. Harga jual produk sebesar Rp28.500 per kilogram dengan jumlah produksi sebanyak 24,96 kg. Berdasarkan data tersebut, total penerimaan (TR) yang diperoleh mencapai Rp711.360. Selain itu, penerimaan per unit (TR/unit) adalah Rp28.500.

- c. Keuntungan Gula Aren Cetak

Produk Gula Aren Cetak ini dijual ke pedagang pengumpul dengan harga Rp28.000- Rp35.000/kg dari kelima pengrajin Gula Aren Cetak. Dalam penelitian ini, data yang digunakan dalam model optimasi diperoleh dari nilai tertinggi yang dicapai oleh pelaku usaha Gula Aren Cetak, khususnya untuk variabel jumlah nira yang digunakan, jam kerja, dan kapasitas produksi.

Tabel 7. Analisis Keuntungan Pengrajin Gula Aren Cetak

Komponen Biaya	Biaya (Rp)
Total Penerimaan (TR)	711.360,00
Total Biaya (TC)	640.446,36
Keuntungan (II)	70.913,64
Keuntungan Per Unit	2.841,09

Sumber: Data Primer, 2025

Tabel 7 menunjukkan bahwa komponen keuntungan dari pengolahan Gula Aren cetak dalam satu kali proses produksi. Total penerimaan sebesar Rp711.360 diperoleh dari hasil perkalian harga jual per kilogram dengan jumlah produksi. Total biaya yang dikeluarkan pengrajin sebesar Rp640.446,36, sehingga keuntungan bersih (II) yang diperoleh adalah Rp70.913,64. Keuntungan

per unit tercatat sebesar Rp2.841,09 per kilogram, yang mencerminkan besarnya margin keuntungan dari setiap satuan produk yang dihasilkan.

4. Sumberdaya Gula Aren Cetak

Tabel 8. Sumberdaya Produksi Gula Aren Cetak

Responden 1	Sumberdaya Nira (Jam)	Kapasitas Produksi GAC (Jam Kerja/Kg GAC)	1Kg	Rp	Rp (Biaya	Biaya Nira
			GAC(Nira)	(Nira/L)	(Biaya Nira)	1Kg GAC
			(Jam Kerja/Kg GAC)	Rp (TK/Jam)	Rp (Jam Kerja)	(Tk/1 Liter)
Sumberdaya Nira	200	24,96	8,0	2.000	400.000,00	16.025,64
Sumberdaya Jam Kerja	9	24,96	0,361	22.500	202.500,00	8.112,98

Sumber: Data Primer, 2025

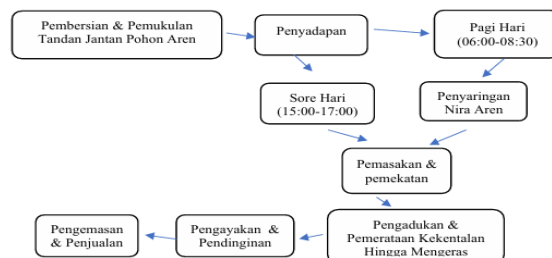
Tabel 8 menunjukkan bahwa biaya bahan baku (nira) yang dikeluarkan pengrajin dalam memproduksi 1 kg Gula Aren Cetak Pengrajin mengeluarkan biaya sebesar Rp16.025,64. Kemudian dalam sumberdaya jam kerja pengrajin mengeluarkan Rp8.112,98 dalam memproduksi 1 kg Gula Aren Cetak. Proses produksi 24,96 kg Gula Aren Cetak pengrajin dalam melakukan proses produksinya, 9 jam kerja yang digunakan merupakan jumlah jam kerja yang termasuk didalamnya berawal dari proses produksi sampai selesai produksi. Disamping proses produksi berlangsung pengrajin juga memanfaatkan waktu di saat pemasakan, setelah pendidihan nira yang dimasak, pengrajin memanfaatkan waktu untuk mengambil kayu bakar dan penyetakan manggar untuk menyambung proses penyadapan, agar penyediaan penampungan dan proses pembuatan produk nira berikutnya.

Produk Gula Semut

1. Proses Produksi Gula Aren Semut

Produk Gula Aren Semut ini juga berbahan baku dari nira aren yang didapat dari penyadapan pohon aren jantan yang sudah melalui proses pemukulan kurang lebih 2-3 minggu dan mengeluarkan air nira yang disebut sager oleh masyarakat Minahasa, nira aren ini kemudian dikumpulkan dengan jirigen/galon lalu diproses dengan cara dimasak di tungku menggunakan kowali dan bahan bakar kayu sebagai sumber panas, setelah mendidih disaring kotorannya lalu dimasak empat sampai lima jam hingga mengental dan di ambil sedikit untuk melihat tingkat kematangannya sampai keras saat di celupkan kedalam air dingin, setelah mengeras diangkat dan diaduk terus hingga pematangan tercampur sempurna dan gula aren menjadi

kering atau hancur lalu di proses lagi dengan alat batu berupa kayu yang dibentuk seperti tropol yang berguna untuk menghaluskan Gula Aren. Setelah Gula Aren menjadi halus diayak kembali dan didinginkan untuk dikemas ke dalam kemasan setengah kilo gram.



Gambar 2. Bagan Alir Produksi Gula Aren Semut

2. Nilai Ekonomi Gula Aren Semut

- Gula Aren Semut merupakan produk olahan lanjutan dari nira pohon aren yang memiliki nilai ekonomi tinggi dibandingkan Gula Aren Cetak, terutama karena bentuknya yang lebih halus, tahan lama, dan lebih mudah dipasarkan secara modern. Keuntungan bersih dari setiap 8,5 liter nira yang diolah menjadi Gula Aren Semut adalah sebesar Rp13.152,74/kg Gula Aren Semut, dengan keuntungan bersih rata-rata harian sebesar Rp170.196,50.
- Harga jual per kilogram Gula Aren Semut tergolong tinggi, yaitu mencapai Rp 0.000/kg, bahkan produk Gula Aren Semut ini dijual langsung ke konsumen lewat media *marketplace* seperti facebook dan pembeli dari luar daerah dengan harga Rp50.000-Rp 60.000/kg.
- Nilai ekonomi Gula Aren Semut terletak pada kemampuannya menembus pasar ekspor dan pasar organik, karena dianggap sebagai pemanis alami yang lebih sehat, umur simpan lebih lama (hingga 1 tahun) dan tidak melalui proses pemurnian kimia.

3. Analisis Keuntungan Produksi Gula Semut

a. Komponen Biaya Produksi Gula Semut

Tabel 9. Komponen Biaya Gula Aren Semut

Komponen Biaya	Biaya (Rp)
Biaya Tetap	8.520,16
Biaya Variabel	468.283,33
Total Biaya	476.803,50

Sumber: Data Primer, 2025

Tabel 9 menunjukkan bahwa biaya tetap dalam pengrajin pertama Gula Aren Semut sebesar Rp8.520,16 biaya tetap tersebut

dihitung berdasarkan penyusutan alat dalam satu hari atau satu kali proses produksi. Dengan biaya variabel dalam pengrajin pertama Gula Aren Semut sebesar Rp468.283,33. Total biaya diperoleh dari penjumlahan biaya tetap dan biaya variabel, dengan total biaya sebesar Rp476.803,50.

b. Penerimaan Gula Aren Semut

Tabel 10. Penerimaan Produksi Gula Aren Semut

Komponen Biaya	Biaya (Rp)
Harga	50.000
Jumlah Produksi	12,94
Penerimaan (TR)	647.000
TR/Unit	50.000

Sumber: Data Primer, 2025

Tabel 10 menunjukkan bahwa menunjukkan komponen pendapatan dari penjualan produk Gula Aren Semut. Harga jual produk Gula Aren Semut sebesar Rp50.000 per kilogram dengan jumlah produksi sebanyak 12,94 kg. Berdasarkan data tersebut, total penerimaan yang diperoleh mencapai Rp647.000. Selain itu, penerimaan per unit adalah Rp50.000.

c. Keuntungan Gula Aren Semut

Tabel 11. Analisis Keuntungan Pengrajin Gula Aren Semut

Komponen Biaya	Biaya (Rp)
Total Penerimaan (TR)	647.000,00
Total Biaya (TC)	476.803,50
Keuntungan (II)	170.196,50
Keuntungan Per Unit	13.152,74

Sumber: Data Primer, 2025

Tabel 11 menunjukkan bahwa keuntungan Gula Aren Semut dijelaskan bahwa jumlah keuntungan Gula Aren Semut dalam satu kali proses produksi diperoleh dari penerimaan dikurang total biaya, dengan penerimaan sebesar Rp647.000,00 dan total biaya sebesar Rp 476.803,50 maka keuntungan yang diperoleh sebesar Rp170.196,50, dengan keuntungan per unit/kg senilai Rp13.152,74.

4. Sumberdaya Gula Aren Semut

Untuk mengolah nira aren menjadi Gula Aren Semut, pengrajin membutuhkan sumberdaya seperti nira aren, jam kerja dan kapasitas produksi.

Tabel 12. Sumberdaya Produksi Gula Aren Semut

Responden	Sumberdaya Nira (Jam)	Kapasitas Produksi Gula Aren Semut	1Kg GAS(Nira)	Rp (Nira/L)	Rp (Biaya Nira Nira)	Biaya Nira 1Kg GAS
			(Jam Kerja/Kg GAS)	Rp TK/Jam	Rp (Jam Kerja)	(Tk/1 Liter)
Sumberdaya Nira	110	12,94	8,5	2.000	220.000,00	17.001,55
Sumberdaya Jam Kerja	9,5	12,94	0,734	22.500	213.750,00	16.518,55

Sumber: Data Primer, 2025

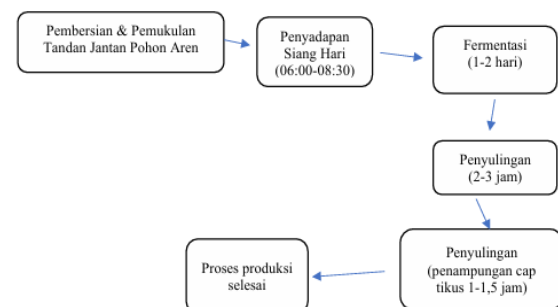
Tabel 12 menunjukkan sumberdaya produksi Gula Aren Semut biaya bahan baku (Nira) yang dikeluarkan pengrajin dalam memproduksi 1 kg Gula Aren Semut, pengrajin mengeluarkan biaya sebesar Rp17.001,55. Kemudian dalam biaya jam kerja yang dikeluarkan pengrajin dalam memproduksi 1 kg Gula Aren Semut pengrajin mengeluarkan biaya sebesar Rp16.518,55.

Berdasarkan pernyataan pengrajin bahwa dalam proses produksi 12,94 kg pengrajin dalam melakukan proses produksinya, 9,5 jam kerja yang digunakan merupakan jumlah jam kerja yang termasuk didalamnya berawal dari proses produksi, awal sampai selesai produksi. Maksimal ketersediaan sumberdaya produksi Gula Aren Semut dari pernyataan pengrajin, bahwa maksimal sumberdaya kapasitas produksi Gula Aren Semut yang dicapai adalah 14,11 kg.

Produk Cap Tikus

1. Proses Produksi Cap Tikus

Produk Cap Tikus atau minuman tradisional khas Minahasa yang di proses dari nira aren hasil penyadapan pohon aren jantan yang sudah melalui proses pemukulan kurang lebih dua sampai tiga minggu dan nira aren ini kemudian dikumpulkan dengan jirigen/galon lalu di tamping kedalam tong untuk fermentasi 1-2 hari tergantung kualitas dari nira yang difermentasi, semakin tinggi kadar gula hasil penyadapan semakin cepat dan semakin bagus nira terfermentasi. Nira yang sudah di fermentasikan kemudian di masak dengan teknik penyulingan dengan menggunakan drum dan bambu sebagai alat penyulingan dan bahan bakar kayu untuk sumber panas, setelah 1-2 jam nira akan mendidih dan pemasakan selanjutnya untuk mendapatkan hasil yang baik dengan titik didih yang baik nira yang mendidih akan keluar menjadi uap cairan yang disebut Cap Tikus, produk Cap Tikus ini di jual ke pengecer, distributor luar daerah dan dijual langsung ke konsumen dengan harga Rp33.333/ liter.



Gambar 3. Bagan Alir Produksi Cap Tikus

Proses produksi Cap Tikus ini tergolong cepat karena hanya membutuhkan waktu 6,5 jam atau sekitar 390 menit dengan nira yang digunakan 140 liter bisa menghasilkan 21 liter Cap Tikus.

2. Nilai Ekonomi Cap Tikus

Cap Tikus memiliki nilai ekonomi tertinggi dibandingkan produk olahan nira lainnya, dengan keuntungan bersih sebesar Rp14.489,05 per liter dan rata-rata pendapatan harian mencapai Rp282.536,54. Produk ini menunjukkan potensi ekonomi besar dari fermentasi nira aren, serta mendorong pemanfaatan penuh bahan baku dan peningkatan pendapatan rumah tangga.

3. Analisis Keuntungan Cap Tikus

a. Komponen Biaya Produksi Cap Tikus

Tabel 13. Komponen Biaya Cap Tikus

Komponen Biaya	Biaya (Rp)
Biaya Tetap	16.011,20
Biaya Variabel	379.223,81
Total Biaya	395.235,01

Sumber: Data Primer, 2025

Tabel 13 menunjukkan bahwa biaya tetap pengrajin Cap Tikus responden kedua sebesar Rp16.011,20, biaya tetap tersebut dihitung berdasarkan penyusutan alat dalam satu hari atau satu kali proses produksi. Kemudian biaya variabel diperoleh dari penjumlahan biaya bahan baku dan jam kerja, biaya variabel dalam pengrajin responden kedua produksi Cap Tikus sebesar Rp379.223,81. Total biaya diperoleh dari penjumlahan biaya tetap dan biaya variabel sebesar Rp395.235,01.

b. Penerimaan Produksi Cap Tikus

Tabel 14. Penerimaan Produksi Cap Tikus

Komponen Biaya	Biaya (Rp)
Harga	33.333
Jumlah Produksi	21
Penerimaan (TR)	699.999,93
TR/Unit	33.333,33

Sumber: Data Primer, 2025

Tabel 14 menunjukkan bahwa komponen pendapatan dari penjualan produk Cap Tikus, dengan harga jual produk sebesar Rp33.333/kg dan jumlah produksi sebanyak 21 kg. Total penerimaan yang diperoleh pengrajin Cap Tikus pada responden 2 mencapai Rp699.999,93. Selain itu, penerimaan per unit adalah Rp33.333,33/kg.

c. Keuntungan Produksi Cap Tikus

Produk Gula Aren Cetak ini dijual ke pedagang pengumpul dengan harga Rp28.000-Rp35.000/kg dari kelima pengrajin Cap Tikus.

Tabel 15. Analisis Keuntungan Pengrajin Cap Tikus

Komponen Biaya	Biaya (Rp)
Total Penerimaan (TR)	699.999,93
Total Biaya (TC)	395.235,01
Keuntungan (II)	304.764,92
Keuntungan Per Unit	14.512,62

Sumber: Data Primer, 2025

Tabel 15 menunjukkan bahwa keuntungan dari pengolahan Cap Tikus dalam satu kali proses produksi. Total penerimaan sebesar Rp699.999,93 diperoleh dari hasil perkalian harga jual Cap Tikus per kilogram dengan jumlah produksi. Dengan total biaya yang dikeluarkan pengrajin sebesar Rp640.446,36, maka, keuntungan bersih yang diperoleh adalah Rp304.764,92. Dengan keuntungan per unit/kg tercatat sebesar Rp14.512,62/kg, yang mencerminkan besarnya margin keuntungan dari setiap satuan produk Cap Tikus yang dihasilkan.

4. Sumberdaya Produksi Cap Tikus

Untuk mengolah nira aren menjadi Cap Tikus, pengrajin membutuhkan sumberdaya seperti nira aren, jam kerja dan kapasitas produksi.

Tabel 16. Sumberdaya Produksi Cap Tikus

Responden 2	Sumberdaya Nira (Liter)	Kapasitas Produksi Cap Tikus	1L Cap Tikus(Nira)	Rp (Nira/L)	Rp (Biaya Nira)	Biaya Nira ILT CT
			(Jam Kerja)	Rp TK/Jam	Rp (Jam Kerja)	(Tk/1 Liter)
Sumberdaya Nira	140	21	6,7	2.000	280.000,00	13.333,33
Sumberdaya Jam Kerja	6,5	21	0,310	22.500	146.250,00	6.964,29

Sumber: Data Primer, 2025

Tabel 16 menunjukkan bahwa biaya bahan baku (nira) yang dikeluarkan pengrajin dalam memproduksi 1 liter Cap Tikus pengrajin mengeluarkan biaya sebesar Rp13.333,33. Kemudian dalam sumberdaya jam kerja pengrajin mengeluarkan Rp6.964,29 dalam memproduksi 1 liter Cap Tikus.

Berdasarkan pernyataan pengrajin Cap Tikus bahwa dalam proses produksi 21 kg pengrajin dalam melakukan proses produksinya, 6,5 jam kerja yang digunakan merupakan jumlah jam kerja yang termasuk didalamnya berawal dari proses produksi sampai selesai produksi produksi. Pengrajin juga memanfaatkan waktu saat pemasakan/penyulingan belum terjadi proses penampungan Cap Tikus, pengrajin memanfaatkan waktu mengambil kayu bakar dan penyadapan dalam penampungan nira.

Maksimal ketersediaan sumberdaya produksi Cap Tikus dari pernyataan pengrajin, kapasitas yang dipilih merupakan kapasitas terbesar dari responden yang pertama, dengan maksimal

kapasitas produksi Cap Tikus bisa dicapai paling besar adalah kapasitas produksi dari responden kedua dari hasil olahan dengan jumlah kapasitas yang bisa dicapai adalah 42 liter dalam satu kali produksi. Dengan ketersediaan maksimal jam kerja pengrajin Cap Tikus berdasarkan pernyataan pengrajin Cap Tikus.

Validitas Asumsi Penelitian

Secara umum, pengamatan lapangan menunjukkan bahwa asumsi tersebut dapat diterima, dengan penjelasan berikut:

1. Linearitas dan Kepastian Parameter: Selama periode penelitian, tidak ditemukan perubahan signifikan pada koefisien teknis maupun harga jual yang dapat mengubah struktur model LP.
2. Kestabilan Pasar: Data penjualan menunjukkan bahwa permintaan terhadap ketiga produk relatif stabil.
3. Kualitas Produk dan Bahan Baku: Kualitas nira aren relatif seragam.
4. Kondisi Produksi: Selama penelitian, proses produksi tidak mengalami hambatan signifikan. Meskipun demikian, validitas hasil optimasi ini bergantung kestabilan faktor-faktor eksternal.

Optimalisasi Produksi

Formulasi Model Linear Programming

1. Formulasi Fungsi Tujuan

Keterangan :

GAC= Gula Aren Cetak

GAS= Gula Aren Semut

CT = Cap Tikus

$$Z_{max} = 2.841,09 (GAC) + 13.152,74 (GSA) + 14.512,62 (CT)$$

2. Formulasi Fungsi Kendala Setiap Kali Produksi:

- a. Nira Aren:

Pengrajin GAC membutuhkan 8 liter nira dalam memproduksi 1kg GAC, pengrajin GCS membutuhkan 8,5 liter nira dalam memproduksi 1kg GAS, dan pengrajin CT membutuhkan 6,7 liter nira dalam memproduksi 1 liter CT.

$$\text{Kendala Nira} = 8 (GAC) + 8,5 (GAS) + 6,7 (CT)$$

- b. Jam Kerja:

Pengrajin GAC membutuhkan 0,361 jam dalam memproduksi 1 kg GAC, pengrajin GSA membutuhkan 0,734 jam kerja dalam memproduksi GAS, dan pengrajin CT membutuhkan 0,310 jam kerja dalam memproduksi CT.

$$\text{Jam Kerja} = 0,361(GAC) + 0,734 (GAS) + 0,310(CT)$$

- c. Kapasitas Produksi:

Kapasitas alat produksi yang dimiliki GAC dalam 1 hari atau satu kali produksi adalah

37,44 kilogram, Kapasitas alat produksi yang dimiliki pengrajin GAS dalam 1 hari atau satu kali produksi adalah 14,11 kg dan kapasitas alat produksi yang dimiliki pengrajin CT dalam 1 hari atau satu kali produksi adalah 42 liter.

3. Penyusunan Nilai Sebelah Kanan (Keterbatasan Sumberdaya)

- a. Nira Aren

Jumlah keterbatasan sumberdaya nira aren diperoleh dari jumlah nira yang digunakan pengrajin $(GAC+GAS+CT) \leq 450$ liter.

- b. Jam Tenaga Kerja

Jumlah keterbatasan sumberdaya jam kerja $\Sigma (GAC + GAS + CT) \leq 25$ jam.

- c. Kapasitas Produksi Maximal GAC $\leq 37,44$ kg
 Kapasitas Produksi Maximal GAS $\leq 14,11$ kg
 Kapasitas Produksi Maximal CT ≤ 42 liter

Penyelesaian Model Linear Programming

Tabel 17. Input POM.QM Software

	GAC	GAS	CT	RHS
Maximize	2.841,09	13.152,74	14.512,62	
BB NIRA	8	8,5	6,7	<= 450
JAM KERJA	0,36	0,73	0,31	<= 25
KP GAC	1	0	0	<= 37,44
KP GAS	0	1	0	<= 14,11
KP CT	0	0	1	<= 42

Sumber: Data Primer, 2025

Setelah di *solve* dalam software POM.QM, hasil kombinasi akan keluar dalam tabel *Linear Programming Result* yang memberikan kombinasi optimal dari input tujuan maksimasi juga dalam tabel terdapat nilai dual (*shadow price*). *Output* selanjutnya untuk melihat tabel nilai sensitivitas dalam tabel *Ranging Linear Programming*.

Tabel 18. Hasil Output Solution POM.QM Software

	GAC	GAS	CT	RHS	DUAL
Maximize	2.841,09	13.152,74	14.512,62		
BB NIRA	8	8,5	6,7	<= 450	0
JAM KERJA	0,36	0,73	0,31	<= 25	7.891,92
KP GAC	1	0	0	<= 37,44	0
KP GAS	0	1	0	<= 14,11	7.391,64
KP CT	0	0	1	<= 42	12.066,13
Solution->	4,67	14,11	42	808.371,3	

Sumber: Data Primer, 2025

Dengan Fungsi Tujuan:

$$Z_{max} = 2.841,09(4,67) + 13.152,74(14,11) + 14.512,62(42)$$

$$Z_{max} = 13.267,89 + 185.585,16 + 599.125,8$$

$$Z_{max} = 808.371,3$$

Tabel 18 menunjukkan hasil optimasi *Linear Programming* dari kombinasi dari tiga produk untuk mencapai keuntungan maksimum dalam memproduksi produk olahan nira aren adalah 808.371,3 dengan memproduksi produk Gula Aren Cetak sebanyak 4,67 kg, Gula Aren Semut sebesar 14,11 kg dan 42 liter Cap Tikus.

Perbedaan Keuntungan Produksi Aktual dan Keuntungan Produksi Optimal Dari *Linear Programming*

Tabel 19. Perbedaan Keuntungan Produksi Aktual dan Keuntungan Produksi Optimal Linear Programming

Produk Olahan	Produksi Aktual	Produksi Optimal (LP)	Keuntungan Aktual (Rp)	Keuntungan Optimal (Rp)	Selisih Keuntungan (Rp)
Gula Aren Cetak	21	4,67 kg	59,662.89	13,268	-46,395
Gula Aren Semut	4.8	14,11 kg	63,133.15	185,585	122,452
Cap Tikus	25	42,0 liter	328,818.50	609,530	280,712
Perbedaan&Selisih	-	-	451,614.54	808,383	356,768

Sumber: Data Primer, 2025

Tabel 19 menunjukkan yang diperoleh dari kombinasi produksi Gula Aren Cetak, Gula Aren Semut dan Cap Tikus terdapat selisih perbedaan keuntungan sebesar Rp356.768 atau keuntungan aktual lebih rendah dengan jumlah keuntungan optimal yang sebesar Rp808.383. Secara keseluruhan, total keuntungan aktual hanya sebesar Rp451.614,54, namun jika mengikuti produksi optimal dapat meningkat sebesar Rp356,768 menjadi Rp808.383. Rasio antara keuntungan optimal dan aktual sebesar 1,79 artinya optimasi meningkatkan total keuntungan sebesar 79% dibanding kondisi aktual.

Analisis Sensitivitas

Analisis sensitivitas akan memberikan gambaran perubahan harga, keuntungan dan biaya produksi jika terjadi kenaikan atau penurunan kapasitas sumberdaya terhadap solusi optimal atau kombinasi keuntungan maksimal. Dalam tabel *ranging* LP menjelaskan seberapa *sensitive* atau kepekaan kombinasi produksi optimal GAC, GAS dan CT. Selama harga suatu produk GAC, GAS dan CT berada di antara batas bawah (*lower bound*) dan batas atas (*upper bound*), kombinasi jumlah produksi optimal tidak berubah, hanya nilai total keuntungan yang akan berubah. Selama jumlah ketersediaan sumberdaya berada dalam range tersebut, basis solusi tetap sama dan nilai keuntungan berubah linear mengikuti *shadow price*.

Tabel 18. Ranging Dalam Analisis Sensitivitas

Variabel	Value	Reduced Cost	Original Val	Lower Bound	Upper Bound
GAC	4.665833	0	2841.09	0	6486.283
GAS	14.11	0	13152.74	5761.099	Infinity
CT	42	0	14512.62	2446.494	Infinity
	Dual Value	Slack/Surplus	Original Val	Lower Bound	Upper Bound
BB NIRA	0	11.33835	450	438.6617	Infinity
JAM KERJA	7891.917	0	25	23.3203	25.51023
KAPASITAS GAC	0	32.77417	37.44	4.665833	Infinity
KAPASITAS GAS	7391.641	0	14.11	12.64172	16.41096
KAPASITAS CT	12066.13	0	42	3.939678	47.41839

Sumber: Data Primer, 2025

Sensitivitas Variabel Tujuan (Koefisien Fungsi Tujuan)

Hasil analisis sensitivitas dalam tabel ranging, tingkat sensitivitas variabel keputusan ditentukan oleh rentang perubahan koefisien keuntungan (*Lower Bound – Upper Bound*) yang masih memungkinkan kombinasi solusi optimal tidak berubah. Produk Gula Aren Cetak (GAC) memiliki koefisien keuntungan aktual sebesar Rp2.841,09 dengan batas bawah Rp0 dan batas atas Rp6.486,28. Rentang yang relatif sempit ini menunjukkan bahwa perubahan kecil pada nilai keuntungan GAC dapat mengakibatkan pergeseran kombinasi produksi optimal. Dengan demikian, GAC merupakan variabel yang paling sensitif terhadap perubahan koefisien fungsi tujuan. Sebaliknya, Gula Aren Semut (GAS) memiliki batas atas tak terbatas (∞), yang menandakan rentang perubahan yang sangat lebar sehingga variasi nilai keuntungan GAS tidak berpengaruh signifikan terhadap solusi optimal. Demikian pula, Cap Tikus (CT) dengan batas bawah Rp2.446,49 dan batas atas tak terbatas juga tergolong tidak sensitif. Oleh karena itu, perubahan pada nilai keuntungan GAS dan CT dalam rentang wajar tidak memengaruhi struktur solusi optimal. Artinya Dalam aspek variabel tujuan, produk Gula Aren Cetak (GAC) memiliki tingkat sensitivitas tertinggi dibandingkan Gula Aren Semut (GAS) dan Cap Tikus (CT), karena rentang perubahan yang dimilikinya paling sempit.

Sensitivitas Sumberdaya (Kendala)

Analisis sensitivitas pada kendala menunjukkan bahwa jam kerja merupakan sumberdaya yang paling sensitif, dengan rentang perubahan yang sempit dari 23,32 jam–25,51 jam atau (2,19) jam dan nilai dual (*shadow price*) sebesar Rp7.891,92. Kondisi ini mengindikasikan bahwa perubahan kecil dalam ketersediaan jam kerja akan berpengaruh langsung terhadap solusi optimal dan total keuntungan.

Kapasitas Gula Aren Semut (GAS) juga termasuk kendala yang sensitif dengan rentang 12,64–16,41 (3,77) kg serta nilai dual Rp7.391,64, sehingga perubahan kapasitas pada batas tersebut dapat memengaruhi kombinasi produksi optimal. Sementara itu, kapasitas Cap Tikus (CT) memiliki nilai jual tertinggi (Rp12.066,13), berarti setiap tambahan satu liter kapasitas akan memberikan peningkatan keuntungan paling besar. Namun, rentang perubahannya sangat lebar ($\pm 43,48$), kendala ini dikategorikan kurang sensitif.

Adapun kendala bahan baku nira dan kapasitas produksi GAC tidak bersifat sensitif, karena

keduanya memiliki nilai dual nol dan slack positif, sehingga perubahan kedua kendala tersebut tidak memengaruhi struktur solusi optimal.

Dari sisi kendala, jam kerja merupakan sumberdaya yang paling sensitif, diikuti oleh kapasitas Gula Aren Semut (GAS), sedangkan kapasitas Cap Tikus (CT) meskipun memiliki dampak besar terhadap keuntungan, sensitivitasnya rendah akibat rentang perubahan yang luas.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian kombinasi keuntungan optimal diperoleh apabila pengrajin atau dalam konteks industri produk olahan Nira Aren di Kelurahan Lowu Satu dan Lowu Dua memproduksi sebanyak 4,67 kg Gula Aren Cetak, 14,11 kg Gula Aren Semut dan 42 liter Cap Tikus, maka keuntungan yang akan diperoleh sebesar Rp. 808.371,3. Kendala utamanya adalah bahan baku nira aren dan kapasitas produksi Gula Aren Cetak.

Saran

Dalam meningkatkan keuntungan sebaiknya pengrajin lebih mengutamakan produk yang memiliki nilai tambah dan keuntungan yang tertinggi, terutama Cap Tikus dan Gula Aren Semut, sesuai hasil optimasi.

Disarankan kepada para pengrajin olahan nira di Kelurahan Lowu Satu dan Lowu Dua untuk membentuk unit usaha kolektif berupa kelompok produksi bersama atau koperasi. Tujuannya adalah agar pengelolaan bahan baku, tenaga kerja, serta pemasaran hasil produksi dapat dilakukan secara lebih efisien, terkoordinasi, dan berkelanjutan. Melalui usaha kolektif ini, pengrajin juga dapat lebih mudah menerapkan strategi produksi optimal dan meningkatkan daya tawar di pasar.

DAFTAR PUSTAKA

- Asir, M., Nendissa, S. J., Sari, P. N., Indriana., Yudawisastra, H. G., Abidin, R., Nurdiana., Hakim, A. R., Kristini, W., Suryana, A. T., Ratri, W. S., & Soeyatno, R. F. 2022. *Ekonomi Pertanian*. Jawa Barat: CV. Widina Media Utama.
- BPS. 2023. *Kabupaten Minahasa Tenggara Dalam Angka 2023*. Minahasa Tenggara: Badan Pusat Statistik.

Dransfield, J., Uhl, N. W., Asmussen, C. B., Baker, W. J., Harley, M. M., & Lewis, C. E. 2008. *Genera Palmarum: The Evolution And Classification Of Palms*. United Kingdom: Royal Botanic Gardens Kew.

Susanto, A. 2006. *Teori dan Aplikasi Pemrograman Linier*. Jakarta: Andi.

Winston, W. L. 2003. *Operations Research: Applications And Algorithms (4th Ed)*. Indiana University: Brooks/Cole.