

OPTIMASI PENGANGKUTAN BARANG PADA KAPAL JUKUNG PELABUHAN SUNGAI 16 ILIR

Resza Ajie Okta Sofiana¹, Nengah Widiangga Gautama², Kodrat Alam³

^{1,2,3}Politeknik Transportasi Darat Bali

sofiana.2102047@taruna.poltradabali.ac.id

Abstract: *The jukung ships at Sungai 16 Ilir Harbor are used to transport goods and act as distribution bridges between Palembang City and other areas. The increasing volume of demand for goods has caused many jukung ships to exceed their carrying capacity. This research focuses on the jukung ship with a carrying capacity of 30 tons belonging to Jaya Abdi, which during the period 20 March to 22 May 2024 carried out 5 transports carrying cargo exceeding its carrying capacity. The transportation problem on the jukung ship was assessed as a knapsack problem and was solved using the binary integer linear programming method via Excel Solver. Solver results show that there is an average reduction in the weight of goods to be transported by 23.9% after optimization. This shows that optimization provides the best way to select goods to be transported so that it can be a recommendation for dealing with overdrafts. On the other hand, the optimization results minimize the age of damage and better ensure the safety of crew members and goods.*

Keywords: *Optimization, Knapsack Problem, Integer Linear Programming Binary, Jukung Boat, 16 Ilir River Port.*

Abstrak: Kapal jukung yang berada di Pelabuhan Sungai 16 Ilir digunakan untuk mengangkut barang dan menjadi jembatan distribusi antara kota Palembang dengan wilayah lainnya. Meningkatnya volume permintaan barang menjadi penyebab banyak kapal jukung mengangkut melebihi kapasitas muat angkut. Penelitian ini berfokus pada kapal jukung kapasitas muat angkut 30 ton milik Jaya Abdi yang selama periode 20 Maret hingga 22 Mei 2024 melakukan pengangkutan sebanyak 5 kali dengan membawa muatan melebihi kapasitas angkutnya. Masalah pengangkutan pada kapal jukung dikategorikan sebagai knapsack problem dan diselesaikan dengan metode integer linear programming binary melalui excel solver. Hasil solver menunjukkan terdapat rata-rata pengurangan jumlah berat barang yang akan diangkut sebesar 23,9% setelah optimasi. Hal ini menunjukkan bahwa melalui optimasi memberikan cara terbaik dalam pemilihan barang yang diangkut sehingga dapat menjadi rekomendasi untuk mengatasi overdraft. Disisi lain hasil optimasi meminimalisir umur usang kapal serta lebih menjamin keselamatan ABK dan barang.

Kata Kunci: Optimasi, Knapsack Problem, Integer Linear Programming Binary, Kapal Jukung, Pelabuhan Sungai 16 Ilir.

I. PENDAHULUAN

Perairan yang cukup luas di Sumatera Selatan memerlukan integrasi untuk menciptakan konektivitas antar wilayah. Dalam menunjang terciptanya integrasi tersebut maka perlu ketersediaan prasarana utama yaitu Pelabuhan sungai dan danau. Berdasarkan laporan Bappeda Sumatera Selatan (2018) terdapat 89 pelabuhan sungai dan danau di Provinsi Sumatera Selatan dengan 2 Pelabuhan baru yang dibangun pada 2023 yaitu jenis pelabuhan ponton 16 Ilir dan 7 Ulu. Keberadaan sarana dan prasarana ini memerlukan pengaturan, pengawasan, dan evaluasi oleh karena itu dibentuk suatu satuan Pelayanan Pelabuhan di bawah Balai Pengelola Transportasi Darat (BPTD) kelas II Sumatera Selatan.

Pembangunan pelabuhan baru di Sumatera Selatan menunjukkan adanya peningkatan jumlah transportasi dan kebutuhan pengangkutan. Salah satu pelabuhan baru yang dimaksud adalah Pelabuhan Sungai 16 Ilir yang terletak di belakang pasar 16 Ilir Palembang (Lusetyowati and Ulfa 2023). Pelabuhan ini melayani pengantaran penumpang melalui kapal Speed boat, Long boat dan ketek, sedangkan pengantaran barang melalui kapal Jukung. Pelabuhan Sungai 16 Ilir yang berlokasi tepat di bantaran Sungai Musi memiliki potensi perkembangan yang pesat, selain itu didukung pula oleh keberadaan pusat ekonomi di jantung kota Palembang yang berdekatan dengan pelabuhan tersebut (Yonavilbia 2023).

Letak Pelabuhan Sungai 16 Ilir yang strategis belum cukup untuk menciptakan nilai ekonomis baik bagi pelabuhan itu sendiri maupun pengaruhnya pada masyarakat (Meisiswi 2024). Hal ini tentunya perlu didukung baik dari faktor internal dan eksternal. Pada faktor internal terdapat 2 hal utama yaitu logistik dan sumber daya manusia sedangkan pada faktor eksternal secara umum dipengaruhi oleh faktor alam. Berbicara mengenai logistik, saat ini pokok pembahasan utama terpaku pada masalah pengangkutan barang. Pada pelabuhan sungai 16 Ilir kapal barang merujuk pada kapal jukung walaupun secara harfiah kapal ini pada mulanya digunakan untuk mengangkut penumpang namun pada perkembangannya digunakan untuk mengangkut berbagai jenis barang (Malalina et al. 2023). Logistik di wilayah Palembang atau jalur Sungai Musi sangat dipengaruhi oleh keberadaan kapal jukung, hal ini karena pengangkutan melalui kapal dapat menjangkau wilayah pelosok Sumatera Selatan, oleh karena itu keberadaan kapal jukung menjadi jembatan integrasi multimoda.

Merujuk pada faktor internal masih terdapat permasalahan yang ditemukan penulis. Berdasarkan hasil observasi dan hasil wawancara dengan para operator maupun regulator

selama 2 bulan di Dermaga Kapal Jukung 16 Ilir, diperoleh informasi bahwa sistem pengelolaan kapal jukung masih bersifat perseorangan dan tradisional sehingga tidak memiliki aturan terikat pada kegiatan pengangkutannya. Dari segi sumber daya manusia belum memiliki pengetahuan yang cukup dalam menciptakan nilai ekonomi dari pengangkutan barang. Hal ini dapat dilihat dari respon rata-rata menyatakan bahwa dalam pengangkutan barang tidak memperhatikan nilai barang pada intinya hanya memuat bermacam-macam barang sampai memenuhi kapasitas dari kapal tersebut. Selain itu tidak adanya pencatatan rapih dan terstruktur membuat perhitungan keuntungan sering mengalami kesalahan. Tidak jarang pula ditemui kasus kapal jukung yang kelebihan muatan (*overdraft*). Selain itu belum adanya jadwal pelayaran tetap membuat terciptanya antrian sandar kapal.

Melihat permasalahan yang cukup kompleks, terdapat satu masalah utama yang menjadi latar belakang yaitu masalah pengangkutan barang ke kapal jukung yang masih belum dapat menciptakan nilai ekonomi. Dalam hal ini penulis mengkategorikan permasalahan tersebut sebagai knapsack problem. Secara garis besar knapsack problem menurut Hasri dan Jarnawasnyah (2020) merupakan permasalahan mengenai cara pengangkutan berbagai macam jenis barang dengan kapasitas ruang angkut yang terbatas, yang mana pengangkutan didasarkan pada berat (*Weight*) dan nilai barang (*Profit*) Pada intinya knapsack problem merujuk pada masalah menciptakan penentuan pemilihan suatu objek yang memberikan hasil optimal (Laabadi et al. 2018).

Masalah knapsack problem pada kapal jukung perlu dilakukan penyelesaian. Melalui optimasi dapat menguntungkan 2 pihak baik bagi operator (Pemilik Kapal) dan regulator (Satuan Pelayanan Pelabuhan Sungai 7 Ulu). Secara harfiah optimasi bagi pemilik kapal tentunya dapat memberikan cara terbaik untuk menentukan barang yang seharusnya diangkut sehingga berdampak pada keselamatan dan menjamin kualitas kapal maupun barang. Sedangkan bagi Satuan Pelayanan Pelabuhan Sungai 7 Ulu dapat menjadi cara untuk mengurangi kelebihan muatan (*overdraft*). Sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Devita dan Wibawa (2020) dalam menentukan metode penyelesaian masalah knapsack, maka agar dapat terwujudnya optimasi dalam penelitian ini digunakan metode Integer Linear Programming Binary dengan bantuan excel solver.

II. METODE PENELITIAN

Sumber dan Teknik Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan selama 2 bulan pada kapal Jukung Jaya Abdi kapasitas 30 ton di Pelabuhan Sungai 16 Ilir yaitu sejak 20 Maret hingga 22 Mei 2024. Terdapat 2 jenis sumber data yang dikumpulkan yaitu data primer dan sekunder. Data primer dikumpulkan dengan cara wawancara dan observasi langsung di lapangan untuk memperoleh jenis muatan, kapasitas angkut yang diizinkan dan tata cara pemuatan pada kapal jukung. Sedangkan data sekunder dikumpulkan dengan meminta nota dan catatan tarif pengangkutan tiap jenis barang pada pemilik kapal Jukung.

Metode Analisis Data

Metode analisis data untuk penyelesaian masalah ini menggunakan Integer Linear Programming Binary melalui excel solver (Sulastri 2023). Berikut langkah-langkah penggunaan Excel Solver dengan metode Integer Linear Programming Binary (ILPB):

1. Menentukan fungsi tujuan (Z)

Fungsi tujuan pada analisis ini berupa memaksimalkan pengangkutan barang pada kapal jukung Jaya Abdi kapasitas 30 ton. Bentuk penulisan fungsi objektif (tujuan) secara matematis sebagai berikut:

$$Z_{\max} = c_1X_1 + c_2X_2 + c_3X_3 + \dots + c_iX_i \quad (1)$$

Keterangan:

X_i : Jenis barang yang diangkut C_i : Tarif total tiap jenis barang

2. Menentukan fungsi kendala (Peubah)

Fungsi kendala pada analisis ini berupa batasan-batasan untuk menentukan keputusan. Berikut ini ditunjukkan persamaan matematis fungsi kendala yang digunakan pada penelitian ini:

$$X_1 + X_2 + X_3 \dots X_i \leq 30.000 \text{ Kg} \quad (2)$$

$$a_1X_1 + a_2X_2 + a_3X_3 + \dots + a_iX_i = \{0, \text{ Jika tidak diambil}$$

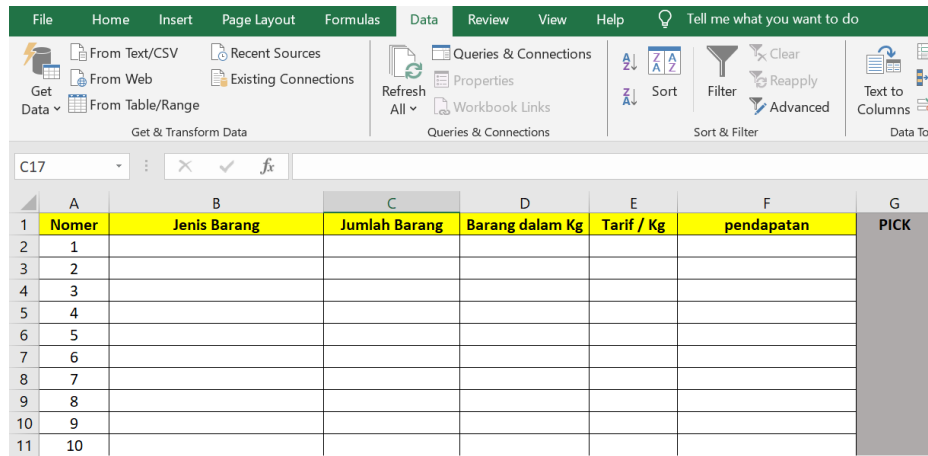
$$1, \text{ Jika diambil} \quad (3)$$

Keterangan:

X_i : Jenis barang yang diangkut

a_1 : Jumlah yang diangkut tiap jenis barang

3. Membuat tabel pada sheet view microsoft excel seperti pada gambar 1 berikut:



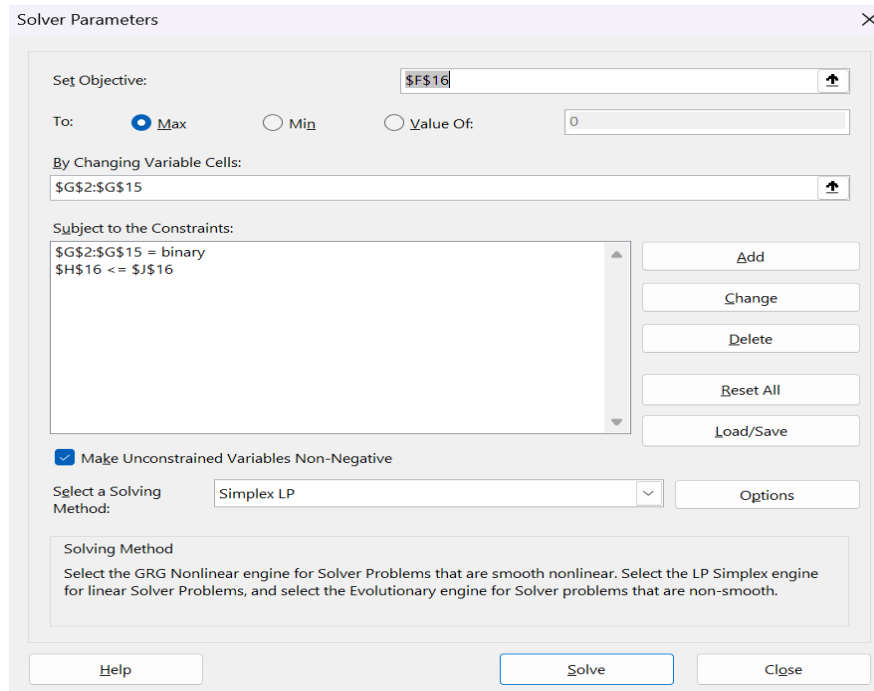
	A	B	C	D	E	F	G
	Nomer	Jenis Barang	Jumlah Barang	Barang dalam Kg	Tarif / Kg	pendapatan	PICK
1	1						
2	2						
3	3						
4	4						
5	5						
6	6						
7	7						
8	8						
9	9						
10	10						

Sumber: (Data Penulis,2024)

Gambar 1. Tampilan sheet view pengolahan data

Pada tabel 1 dicantumkan 6 atribut yang meliputi :

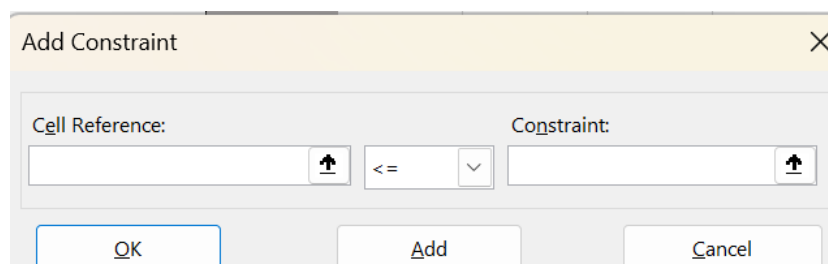
- Kolom jenis barang berisi item apa saja yang diangkut ke kapal jukung Jaya Abdi kapasitas 30 ton.
 - Kolom jumlah barang berisi banyaknya item yang perlu diangkut oleh kapal jukung Jaya Abdi kapasitas 30 ton.
 - Kolom barang dalam Kg berisi total tiap item barang yang diangkut dalam satuan Kilogram.
 - Kolom tarif/Kg berisi tarif pengangkutan tiap item barang.
 - Kolom pendapatan menunjukkan pendapatan kotor dari pengangkutan tiap item barang.
 - Kolom pick menunjukkan hasil dari pengolahan data untuk menentukan barang diangkut/ tidak.
- Menuliskan total kapasitas kapal jukung dibawah/ disamping tabel.
 - Membuat sumproduct dengan mengkalikan kolom “Barang dalam Kg” dengan kolom “Pick”.
 - Membuat sumproduct dengan mengkalikan kolom “Pendapatan” dengan kolom “Pick”.
 - Klik menu data dan pilih menu solve maka akan muncul seperti pada gambar 2 berikut:



Sumber: (Data Penulis,2024)

Gambar 2. Tampilan Box Solver Parameters

- Set Objective menunjukkan tujuan optimasi yaitu memaksimalkan pendapatan sehingga masukan kolom total pendapatan yang telah dibuatkan sumproduct.
- By Changing Variable Cells diisi dengan blok keseluruhan kolom “Pick”.
- Pada Subject to the Constrains klik button Add lalu akan muncul menu seperti pada gambar 3 ini :



Sumber: (Data Penulis, 2024)

Gambar 3. Tampilan Box Constraint

Pada Cell reference diisi sumproduct total “barang dalam Kg”, setelah itu pilih penghubung $\leq$, sedangkan constraint diisi dengan kolom kapasitas muat kapal.

- d. Kemudian Klik Add kembali pada Add Constraint untuk memasukan Constraint ke-2. Cell reference diisikan dengan blok keseluruhan kolom “Pick”, kemudian pilih atribut “Bin” yang mana menunjukan Binary (Decision Atribute) dan secara otomatis Constraint akan muncul “Binary”.
- e. Setelah selesai mengisikan atribut, pada metode penyelesaian pilih metode Simplex LP.
- f. Klik Solve, maka hasil akan muncul di kolom “Pick”, Kolom sumproduct barang dalam Kg, dan kolom Sumproduct Pendapatan.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Barang Yang Diangkut Pada Kapal Jukung Pelabuhan Sungai 116 Ilir

Pada umumnya kapal jukung di Pelabuhan Sungai 16 Ilir melakukan pengangkutan sebanyak 2-4 kali dalam sebulan (Satuan Pelayanan Pelabuhan 7 Ulu 2023). Barang yang diangkut pada umumnya terkategori menjadi 8 jenis yang ditunjukkan pada tabel 1 dibawah ini.

Tabel 1. Jenis barang yang diangkut pada kapal jukung

No.	Jenis Barang Yang Diangkut
1.	Sembako
2.	Bahan Bangunan
3.	Bahan Kelontong
4.	Gas Elpiji
5.	Furniture
6.	Barang Pecah Belah
7.	Snack Kemasan
8.	Manisan

Sumber: (Laporan bulanan Satpel Pelabuhan Sungai 7 Ulu, 2024)

Tabel 1 merupakan laporan bulanan dari Satuan Pelayanan Pelabuhan 7 Ulu mengenai jenis barang yang diangkut oleh kapal jukung di Pelabuhan Sungai 16 Ilir. Sejalan dengan laporan tersebut, kapal jukung Jaya Abdi dengan kapasitas angkut 30 ton, selama periode 20 Maret hingga 22 Mei 2024 melakukan pengangkutan (*loading*) barang di Pelabuhan Sungai 16 Ilir sebanyak 5 kali. Tabel 2 menampilkan jenis dan berat total barang yang diangkut:

Tabel 2. Jenis dan berat total barang selama 5 kali pengangkutan

Waktu Pengangkutan	Total jenis barang yang diangkut	Total berat (dalam Kg)
20 Maret 2024	14	33.597

3 April 2024	15	36.373
--------------	----	--------

Sumber: (Nota tarif pengangkutan Kapal Jukung Jaya Abdi 20 Maret-22 Mei 2024)

Pada tabel 2 dapat diketahui bahwa kapal jukung Jaya Abdi dengan kapasitas angkut 30 ton telah melakukan pengangkutan yang melebihi kapasitas angkutnya (*overdraft*). Pengangkutan yang berlebihan jika terus dibiarkan dapat memberikan dampak buruk keselamatan barang dan ABK selama proses pengangkutan. Terlebih lagi beberapa wilayah hanya dapat diakses melalui kapal sehingga logistik melalui kapal jukung sangat mempengaruhi ketersediaan bahan pokok. Oleh karena itu perlu dilakukan optimasi pengangkutan barang agar barang terangkut sesuai kapasitas angkut kapal yang diizinkan.

Optimasi Pengangkutan Barang Pada Kapal Jukung Kapasitas 30 Ton Dengan *Excel Solver*

Optimasi dilakukan dengan menerapkan metode *integer linear programming binary* melalui

software excel solver. Hasil dari optimasi ditunjukkan pada tabel 3 dibawah ini:

Tabel 3. Hasil optimasi *Microsoft Excel*

Waktu Pengangkutan	Total jenis barang yang diangkut	Total berat (dalam Kg)
20 Maret 2024	6	29.981
3 April 2024	11	29.805
24 April 2024	14	29.568
8 Mei 2024	14	29.407
22 Mei 2024	9	29.997

Sumber: (Analisis Pribadi, 2024)

Pada tabel 3 menunjukan total jenis dan berat barang yang seharusnya diangkut setelah dilakukan optimasi, sehingga dari hasil tersebut dilakukan perbandingan untuk melihat terdapatnya perbedaan antara kondisi awal dan setelah di optimasi. Berikut ini ditunjukkan pada tabel 4 perbandingan antara kondisi awal dan setelah dilakukan optimasi.

Tabel 4. Perbandingan kondisi awal dan setelah optimasi

Waktu Pengangkutan	Total berat Pengangkutan (dalam Kg)		Total jenis barang yang diangkut	
	Kondisi Awal	Setelah Optimasi	Kondisi Awal	Setelah Optimasi
20 Maret 2024	33.597	29.981	14	6
3 April 2024	36.373	29.805	15	11
24 April 2024	42.068	29.568	15	14
8 Mei 2024	41.907	29.407	14	14
22 Mei 2024	43.647	29.997	15	9

Sumber: (Analisis pribadi, 2024)

Berdasarkan pada tabel 4 maka dapat dibandingkan antara kondisi awal dan setelah dilakukan optimasi. Hal ini menunjukkan total berat barang yang diangkut dari hasil optimasi tidak melampaui kapasitas angkut yang diizinkan. Presentase rata-rata selisih total berat barang yang diangkut diantara kedua kondisi sebesar 23,9%. Walaupun dari total jenis barang yang diangkut pada kondisi setelah optimasi lebih sedikit daripada kondisi awal namun disini lain dapat meminimalisir umur usang kapal serta lebih menjamin keselamatan ABK dan barang. Oleh sebab itu dengan dilakukan optimasi memberikan cara terbaik dalam pemilihan barang yang diangkut sehingga dapat menjadi rekomendasi untuk mengatasi *overdraft*.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berikut ini terdapat beberapa kesimpulan dari hasil penelitian ini:

1. Kegiatan pengangkutan setiap kapal jukung di Pelabuhan Sungai 16 Ilir dilakukan 2-4 kali sebulan. Terdapat 8 jenis barang yang diangkut dimana umumnya barang pokok berbentuk produk jadi kemasan maupun setengah jadi.
2. Kapal Jukung Jaya Abdi dengan kapasitas angkut 30 ton melakukan pengangkutan selama 5 kali dalam 2 bulan. Jumlah barang yang diangkut melebihi kapasitas angkut 30 Ton (yang diizinkan), dengan range pengangkutan sebesar 33.000-43.000 Kg dan barang yang diangkut sebanyak 14-15 jenis.
3. Hasil optimasi melalui excel solver menunjukkan jumlah berat barang yang diangkut tidak melampaui kapasitas angkut yang diizinkan. Presentase rata-rata selisih total barang

yang diangkut diantara kedua kondisi sebesar 23,9%. Sehingga melalui optimasi dapat dijadikan rekomendasi sebagai cara mengurangi *overdraft* dan lebih menjadi keselamatan serta kualitas kapal beserta barang yang diangkut.

Saran

Berikut ini terdapat beberapa saran yang diajukan penulis terkait dengan penelitian dan hasil penelitian ini:

1. Data pada penelitian ini masih perlu ditambah untuk memperoleh pembuktian optimasi yang lebih valid. Disarankan mengambil data dalam kurun waktu yang lebih lama (misalnya 6 bulan).
2. Penelitian ini hanya terbatas sebagai bahan kajian bagi pihak terkait dan belum dapat dijadikan solusi yang langsung diterapkan secara nyata. Pencarian solusi nyata memerlukan penelitian yang lebih lanjut dan mendalam seperti disarankan pada poin 1.

DAFTAR PUSTAKA

- Bappeda Sumatera Selatan. 2018. "Laporan Kinerja Bappeda Provinsi Sumsel 2018." <http://bappeda.sumselprov.go.id/documents/101/laporan-kinerja-bappeda-provinsi-sumsel-2018>.
- Devita, Riri Nada, and Aji Prasetya Wibawa. 2020. "Teknik-Teknik Optimasi Knapsack Problem." *Sains, Aplikasi, Komputasi Dan Teknologi Informasi* 2 (1): 35. <https://doi.org/10.30872/jsakti.v2i1.3299>.
- Hasri, Diah Anggeraini, and Muhammad Jarnawasnyah. 2020. "Penerapan Knapsack Problem Studi Kasus Analisis Kebijakan Pemerintah Pada Masa Covid-19 Terhadap Ekonomi Daerah." *Nusantara Journal of Economica* 2 (1): 1–23. <http://www.jurnal.uts.ac.id/index.php/nje/article/view/662%0Ahttp://www.jurnal.uts.ac.id/index.php/nje/article/download/662/493>.
- Laabadi, Soukaina, Mohamed Naimi, Hassan El Amri, and Boujemâa Achchab. 2018. "The 0/1 Multidimensional Knapsack Problem and Its Variants: A Survey of Practical Models and Heuristic Approaches." *American Journal of Operations Research* 08 (05): 395–439. <https://doi.org/10.4236/ajor.2018.85023>

- Lusetyowati, Tuter, and Almira Ulfa. 2023. "Sense of Place Pasar 16 Ilir Palembang." *Archvisual: Jurnal Arsitektur Dan Perencanaan* 2 (2): 63–72. <https://doi.org/10.55300/archvisual.v2i2.1458>.
- Malalina, R I I Putri, M I Zulkardi, and Y Hartono. 2023. "Matematika Dalam Aktivitas Maritim." *Repository.Unsri.Ac.Id*, 1–68. https://repository.unsri.ac.id/123055/1/lengkap_Aktivitas_Maritim_A5%2Bcover.pdf.
- Meisiswi. 2024. "Peran Dermaga Dalam Meningkatkan Transportasi Dan Perekonomian Di Palembang." *Radio Republic Indonesia*. 2024. <https://www.rri.co.id/daerah/734377/peran-dermaga-dalam-meningkatkan-transportasi-dan-perekonomian-di-palembang>.
- Satuan Pelayanan Pelabuhan 7 Ulu. 2023. "Laporan Bulanan Satuan Pelayanan Pelabuhan Sungai 7 Ulu."
- Sulastri, Amar Samsul. 2023. "Optimasi Pengalokasian Pekerja Dengan Menggunakan Binary Integer Programming." *Trunojoyo* 26 (1): 1–9. <http://univ45sby.ac.id/ejournal/index.php/industri/index>.
- Yonavilbia, Eka. 2023. "Pelabuhan 16 Ilir Dan 7 Ulu Diresmikan, Aktivitas Ekonomi Dan Transportasi Diharapkan Tumbuh." *Pelabuhan 16 Ilir Dan 7 Ulu Diresmikan, Aktivitas Ekonomi Dan Transportasi Diharapkan Tumbuh*. 2023. <https://www.infopublik.id/kategori/nusantara/759151/pelabuhan-16-ilir-dan-7-ulu-diresmikan-aktivitas-ekonomi-dan-transportasi-diharapkan-tumbuh>.