

Model Perencanaan Distribusi Limbah Udang

Letarensky Thereshanauly Atanasia Pakpahan, Firmanto Hadi, dan Siti Dwi Lazuardi
Departemen Teknik Transportasi Laut, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
e-mail: firmanto@seatrans.its.ac.id

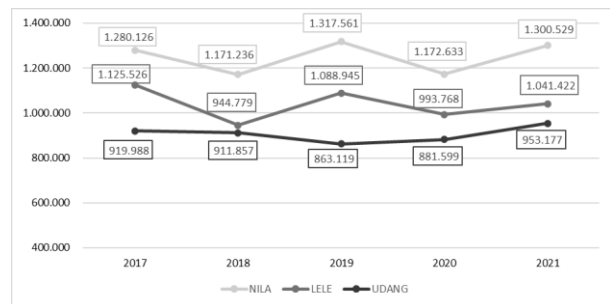
Abstrak—Udang merupakan komoditas dengan tingkat produksi cukup tinggi di Indonesia setelah nila dan lele serta memiliki potensi pasar domestik dan ekspor yang besar. Dengan potensi pasar yang besar serta dorongan pertumbuhan produksi komoditas udang melalui program Percepatan Tambak Udang Nasional produksi udang saat ini terus mengalami kenaikan. Akan tetapi, dengan kenaikan produksi udang, terdapat konsekuensi akan meningkatnya produk limbah udang yang saat ini masih belum memiliki model distribusi yang jelas. Oleh sebab itu, pada tugas akhir ini dilakukan Perencanaan model distribusi limbah udang dari wilayah luar Jawa Timur menuju wilayah Jawa Timur yang memiliki permintaan akan limbah udang cukup besar serta model distribusi dari hasil dari pengolahan limbah udang yaitu pakan udang menuju area tambak di Indonesia. Metode yang digunakan adalah set covering dan TSP untuk rute pabrik udang menuju pabrik limbah udang, optimasi pada rute serta armada pelayaran terpilih, optimasi penjadwalan keberangkatan kapal pengangkut limbah udang, serta CVRP dalam menentukan rute pabrik limbah udang menuju pabrik pakan udang dan seluruh biaya yang dibutuhkan dalam mengangkut limbah udang dan pakan udang. Hasil analisis ini menunjukkan bahwa dalam pengiriman limbah udang dengan moda transportasi laut, skenario rute direct merupakan skenario optimum dalam mengirimkan limbah udang dengan total frekuensi kapal sebanyak 117 kali /tahun. Total biaya untuk mendistribusikan limbah udang dari pabrik udang beku menuju pabrik pakan udang sebesar Rp10.376.554.357 /tahun. Kemudian untuk distribusi pakan udang didapatkan total biaya Rp18.993.747.200 /tahun.

Kata Kunci—Distribusi, Limbah Udang, Optimasi, Reverse Logistics.

I. PENDAHULUAN

UDANG merupakan komoditas ke-3 dengan produksi terbanyak di Indonesia setelah lele dan nila. Saat ini, Indonesia cukup memperhatikan komoditas udang sebagai komoditas perikanan utama di Indonesia. Berdasarkan Gambar 1 udang merupakan komoditas ke-3 dengan produksi terbesar di Indonesia, hal ini juga didukung dengan jumlah ekspor udang yang cukup tinggi dibandingkan dengan komoditas ikan dan lele sehingga mendukung keadaan perekonomian di Indonesia selama beberapa tahun terakhir. Selain produksi udang terdapat menyebabkan optimalnya komoditas udang di Indonesia yaitu skema rantai pasok udang di Indonesia. Untuk saat ini, skema rantai pasok untuk produk udang sendiri sudah cukup baik, hal ini dapat terlihat dari banyaknya program pemerintah yang telah dilakukan untuk meningkatkan produktivitas produksi udang untuk memenuhi kebutuhan domestik dan ekspor. Selain itu, Indonesia telah memiliki pabrik udang yang telah tersebar di seluruh Indonesia untuk memenuhi keperluan proses pengolahan udang yang telah dibudidayakan oleh para peternak tambak udang. Saat ini, pabrik udang telah tersebar dengan potensi pabrik udang beku terbanyak adalah di wilayah Jawa.

Selain itu, saat ini Indonesia melalui Kementerian Kelautan

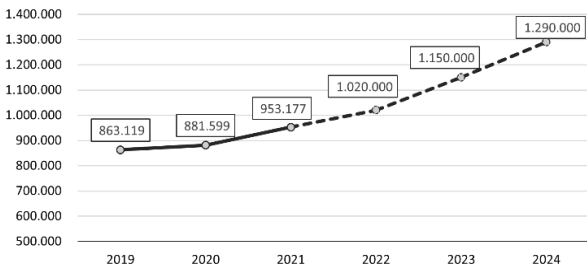


Gambar 1. Data produksi komoditas perikanan Indonesia.

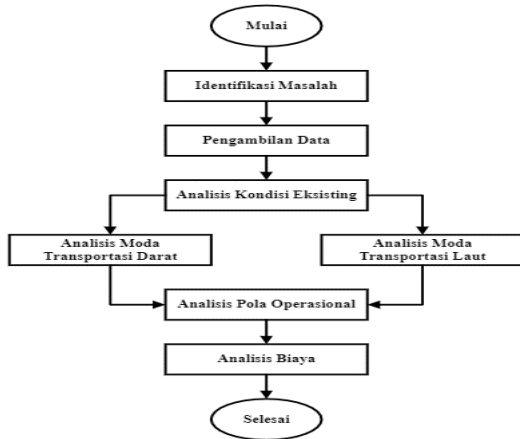
dan Perikanan telah mengembangkan beberapa program untuk menunjang produksi udang di Indonesia, salah satunya adalah Program Percepatan Tambak Udang Nasional seperti yang ditunjukkan Gambar 2 [1]. Program ini memfokuskan pada pengembangan tambak udang untuk meningkatkan produksi udang yang akan dibawa ke pabrik udang beku dan nantinya dapat didistribusikan untuk memenuhi kebutuhan domestik dan ekspor. Melalui program ini diharapkan pada tahun 2024 Indonesia mampu memproduksi komoditas udang hingga 1,3 juta ton per tahun.

Akan tetapi, peningkatan akan produksi udang akan berdampak pada ekosistem di lingkungan yaitu limbah udang. Limbah udang merupakan produk sisa dari hasil pengolahan udang yang berupa kepala dan kulit udang [2]. Pada kondisi eksisting, masih banyak pabrik yang belum memiliki alur yang jelas dalam mendistribusikan limbah tersebut untuk diolah kembali. Dengan buruknya alur dalam mendistribusikan limbah dari produk udang beku ini, akan terdapat permasalahan yang timbul terutama dalam segi keseimbangan ekosistem lingkungan. Jika limbah udang tidak diolah kembali dan langsung dibuang ke tanah maupun tempat pembuangan sampah, hal ini akan menimbulkan dampak bagi lingkungan yaitu menurunkan kualitas air dan udara, terutama bagi lokasi sungai sebagai daerah utama aliran limbah udang terbuang.

Oleh karena potensi yang besar dan adanya permasalahan akan pendistribusian limbah udang dari satu wilayah ke wilayah lainnya, dibutuhkan model distribusi yang tepat. Model distribusi yang akan digunakan pada penelitian ini adalah *reverse logistic*. *Reverse logistic* merupakan proses pengambilan material dari pelanggan atau titik lain rantai pasokan dan memperkenalkannya kembali ke pasar untuk didaur ulang, diproduksi ulang, atau dibuang dengan benar [3]. Terdapat 2 skema RSC yaitu *closed-loop supply chain* dan *open-loop supply chain*. *Closed loop supply chain* merupakan skema RSC yang menerapkan sistem pengembalian produk sisa olahan kepada manufaktur pertama atau manufaktur produk awal sendiri untuk dioleh kembali, sedangkan *open-loop supply chain* merupakan sistem memberikan produk sisa olahan kepada manufaktur selanjutnya atau manufaktur baru. Dalam hal ini terdapat perbedaan signifikan antara model rantai pasok yang harus ditentukan untuk mengoptimalkan proses pengiriman barang



Gambar 4. Rencana produksi udang di Indonesia berdasarkan program percepatan tambak udang nasional.



Gambar 5. Diagram alir penelitian.

olahan maupun limbah yang dapat digunakan hasil dari produk olahan tersebut.

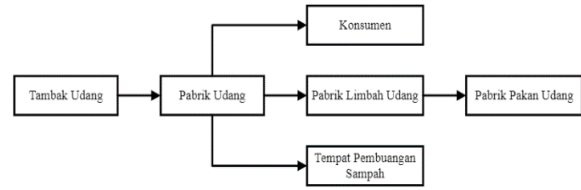
Untuk menghitung kebutuhan biaya dalam *reverse logistic* terdapat 3 komponen yang dibutuhkan yaitu freight cost yaitu biaya yang diperlukan untuk pengiriman bahan baku dari pabrik pertama menuju pabrik selanjutnya dimana produk yang ada dalam penelitian ini adalah produk limbah udang dan didistribusikan dari pabrik udang hingga menuju pabrik pengolah dan pabrik pakan udang, *warehouse handling* yang merupakan biaya yang diperlukan untuk melakukan penanganan akan muatan yang dibawa dari pabrik sebelumnya, dan *storage cost* yang merupakan biaya yang diperlukan dalam proses penyimpanan produk awal sebelum diolah kembali [4].

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah optimasi. Optimasi merupakan salah satu metode perhitungan yang digunakan untuk mendapat suatu nilai terbaik atau ideal sesuai dengan fungsi tujuan yang akan dioptimalkan dapat berupa minimum atau maksimum dari fungsi tertentu serta terdapat batas-batas nilai variabel dalam keputusan [5]. Dalam metode optimasi terdapat beberapa metode yang digunakan yaitu *set covering problem* (SCP) metode ini merupakan salah satu metode klusterisasi dan dalam perhitungan ini SCP digunakan untuk melakukan klusterisasi pabrik udang beku kepada pabrik limbah udang serta pabrik limbah udang menuju pabrik pakan udang [6]. Selanjutnya terdapat metode *travelling salesman problem* (TSP) yang digunakan untuk membentuk rute dari pabrik asal menuju beberapa pabrik tujuan [7], metode *Capacitated Vehicle Routing Problem* (CVRP) yang digunakan untuk membentuk rute dari pabrik limbah udang menuju pabrik pakan udang [8], dan metode optimasi lainnya.

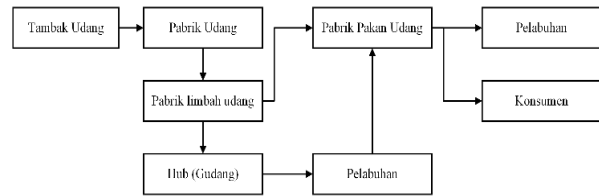
Jenis moda transportasi saat ini ada 3 yaitu moda transportasi darat, laut, dan udara. Akan tetapi dalam

Tabel 1. Analisis Supply-Demand Limbah Udang

Nilai Supply Demand	Jumlah Produksi	
Suplai Tepung Udang	65,6	ton/hari
Kebutuhan Tepung Udang	104,563	ton/hari
Titik Supply -Demand	-38,963	ton/hari



Gambar 2. Diagram Rantai Pasok Kondisi Eksisting.



Gambar 3. Rencana diagram rantai pasok limbah udang.

penelitian ini dalam mendistribusikan produk limbah udang terdapat 2 jenis moda transportasi yang digunakan yaitu moda transportasi darat berupa truk, alternatif truk yang digunakan adalah *cooling truck* dan *dump truck* untuk mendistribusikan limbah udang dengan jalur darat. Untuk moda transportasi laut digunakan kapal, kapal yang digunakan dalam penelitian ini adalah kapal petikemas yang dimiliki oleh armada pelayaran eksisting dengan pola operasional kapal liner karena komoditas limbah udang akan didistribusikan dengan pengemasan di petikemas.

II. METODE PENELITIAN

Alur penelitian yang digunakan dalam penelitian ini beserta penjelasan masing-masing dapat dilihat pada gambar diagram alir yang ditunjukkan oleh Gambar 3.

A. Identifikasi Masalah

Pada tahap ini peneliti melakukan identifikasi dari kondisi limbah udang saat ini dan efektivitas dalam penggunaan limbah udang untuk diolah kembali. Selain itu, peneliti mencoba melihat potensi kegiatan pada kedepannya yang dapat meningkatkan produksi limbah udang.

B. Pengambilan Data

Pada tahap ini, dilakukan, pengambilan data primer dan sekunder. Terdapat 3 data yang diperlukan yaitu data permintaan produksi pakan udang, data suplai pakan dan limbah udang, serta data lokasi setiap jenis pabrik.

C. Analisis Kondisi Eksisting

Pada tahap ini terdapat beberapa analisis berupa pemilihan titik lokasi yang akan menjadi titik asal beserta data pendukung untuk menjadi titik asal limbah udang yaitu jumlah pabrik pada wilayah tersebut beserta perhitungan produksi limbah udang dalam satu hari. Selain itu, dilakukan identifikasi jarak antara pabrik udang beku, limbah udang, beserta pabrik pakan udang.

Tabel 5. Klasterisasi Pabrik Udang dan Pabrik Limbah Udang

Nama Pabrik Limbah Udang	Jumlah Bahan Baku (ton)
PLU Marindo Makmur Usahajaya	50,7
PLU Bumi Menara Internusa	4,7
PLU Indomanis	23,3
PLU Marine Cipta Agung	6,7
PLU Tri Mitra Makmur	43,3
PLU Istana Cipta Semada	10,0
PLU Pabrik Lamongan BMI	10,0
PLU Windublambangan Sejati	22,0
CV Amar Bhakti (II)	35,0
PLU Pancar Mitra Multiperdana	11,3
PLU Ebimas Besar	6,7
PLU Kalimantan Fishery	1,9
PLU Karimata Timur	1,9
PLU Lim Shrimp Corp	6,4
PLU Wahyu Pradan Bina Mulia	48,0
PLU Tridara Putra Mandiri	6,7
PLU Bancar Makmur Indah	19,5
PLU Sea Malaka Trade	20,0
PLU Sumatera Perkasa	65,3

D. Analisis Moda Transportasi Darat

Pada tahap ini terdapat 2 analisis yang dilakukan, yaitu transportasi darat dari pabrik udang menuju pabrik pakan udang untuk limbah udang dan transportasi darat dari pelabuhan tujuan menuju lokasi tambak untuk produk pakan udang. Analisis yang dilakukan adalah pemilihan opsi moda truk yang digunakan serta rute yang akan ditempuh oleh rute tersebut.

E. Analisis Moda Transportasi Laut

Pada tahap ini dilakukan analisis dalam pemilihan armada pelayaran sebagai moda transportasi laut untuk membawa muatan dari Pelabuhan asal hingga Pelabuhan tujuan untuk muatan limbah udang maupun produk jadi dari limbah udang dan mencari opsi operasional dengan biaya paling minimum per tahun. Formula yang digunakan untuk mencari nilai minimum dalam mendistribusikan limbah udang dari pelabuhan asal menuju pelabuhan tujuan adalah sebagai berikut:

$$Z = \text{Min} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m C_{ij} \times X_{ij} \tag{1}$$

Dimana:

i = Armada pelayaran ke-1 hingga n

j = Pelabuhan asal ke-1 hingga m

C = total biaya

X = frekuensi kapal

Komponen biaya armada pelayaran adalah sebagai berikut:

$$C = HC + FC \tag{2}$$

$$HC = PK \times RTD \tag{3}$$

Dimana:

HC = Biaya sewa petikemas

FC = Biaya pengiriman oleh armada

PK = Jumlah petikemas terkirim dalam 1 pengiriman

RTD = Round Trip Days

Batasan yang digunakan perhitungan ini adalah jumlah

Tabel 2. Hasil Perhitungan Biaya Total Setiap Skenario

Skenario	Total Jarak (km)	Biaya Total
Dengan PLU (dump truck)	180.525,03	Rp4.711.614.928
Dengan PLU (cooling truck)	170.532,60	Rp4.259.938.879
Tanpa PLU (dump truck)	394.634,34	Rp10.022.996.330
Tanpa PLU (cooling truck)	394.634,34	Rp9.572.836.729

Tabel 3. Lokasi Gudang Limbah Udang

Lokasi	Koordinat x	Koordinat y	Produksi (ton/hari)
Kalimantan Selatan	-	-	-
Selatan	3,550607148	114,675047	3,8
Kalimantan Utara	3,359557931	117,556516	18,5
Nusa Tenggara Barat	-9,02822225	116,85149	2,6
-	-	-	-
Sulawesi Selatan	5,107329977	119,493271	19,2
Sulawesi Utara	1,434766427	125,12703	2,7
Sumatra Utara	3,553060694	98,8875037	27,5

Tabel 4. Hasil Perhitungan Optimasi Armada Pelayaran dan Lokasi Asal

Lokasi Asal	Armada Terpilih	Frekuensi (/tahun)	Biaya Total (Rp/tahun)
Makassar	Temas 6	48	Rp756.000.000
Tarakan	Temas 8	36	Rp910.800.000
Bitung	Temas 4	33	Rp194.700.000
Total		117	Rp1.861.500.000

kargo yang terangkut dalam 1 tahun tidak boleh melebihi kapasitas produksi.dalam 1 tahun dari masing-masing lokasi asal dan total kargo terangkut harus mampu memenuhi permintaan di jawa timur. Formulasi dari *constraint* diatas adalah sebagai berikut:

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m X_{ij} \leq \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m F_{ij} \tag{4}$$

$$\sum_{j=1}^6 X_{ij} \times A_{ij} \leq D \tag{5}$$

Dimana:

F = Frekuensi maksimum armada

A_j = Kargo terangkut pada titik asal

K_j = Kapasitas produksi pada titik asal

K_j = Kapasitas produksi pada titik asal

D = Total *demand* Jawa Timur

F. Analisis Pola Operasional

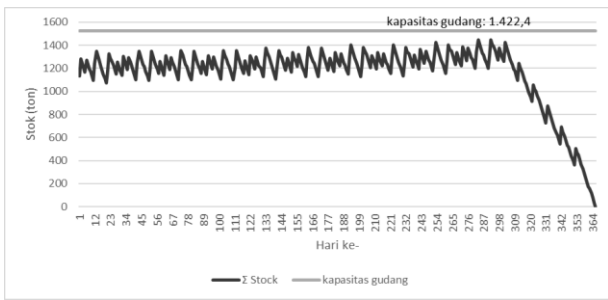
Pola operasional sendiri digunakan untuk dua bagian, yang pertama adalah untuk menentukan kebutuhan gudang di pelabuhan tujuan. Kebutuhan gudang di pelabuhan tujuan ini juga ditentukan dengan waktu keberangkatan ideal untuk kapal yang membawa produk limbah udang. Formula yang digunakan dalam perhitungan ini adalah sebagai berikut:

$$\text{Min } C \tag{6}$$

$$C = \text{Max} \left(IS + \sum_{a=1}^{365} \sum_{b=1}^3 SI_{ab} + SO \right) \times 105\% \tag{7}$$

Dimana:

a = Hari ke-1 hingga 365



Gambar 6. Diagram stock flow gudang Tanjung Perak.

Tabel 7. Perhitungan Biaya Pengeluaran Petikemas Tiap Skenario

Skenario	Total Capital Cost	Biaya Total
Truck losing (beli)	Rp1.675.304.874	Rp2.117.566.673
Truck losing (sewa/trip)	Rp1.430.400.000	Rp1.872.661.800
Stack to CY (beli)	Rp291.294.989	Rp1.004.438.789
Stack to CY (sewa/trup)	Rp1.430.400.000	Rp2.143.543.800

- b = Armada pelayaran ke-1 hingga 3
- C = Kapasitas yang dibutuhkan
- SI = Stock in pada gudang
- SO = Stock out pada Gudang

Decision variable dari perhitungan optimasi ini adalah selisih voyage keberangkatan kapal dan stok awal yang harus ada di Pelabuhan tujuan dengan batasan bahwa nilai stok harus bernilai bulat positif untuk voyage sedangkan untuk voyage selanjutnya harus bernilai bulat dengan nilai lebih dari 0. Constraint selanjutnya adalah selisih voyage keberangkatan kapal minimum adalah 1 kali pelayaran. Formulasi dari constraint yang ada pada perhitungan ini adalah sebagai berikut:

$$\sum_{b=1}^3 \sum_{i=2}^m V_{bi} > 0 \tag{8}$$

$$\sum_{b=1}^n V_{bi} \geq 0, \forall i=1 \tag{9}$$

$$\text{Min} \left(IS + \sum_{a=1}^{365} \sum_{b=1}^3 SI_{ab} + SO \right) \geq 0 \tag{10}$$

Dimana:

- i = Voyage kapal ke-1 hingga m
- V = Selisih voyage keberangkatan kapal
- H = Hari keberangkatan kapal

G. Analisis Biaya

Setelah dilakukan perhitungan akan seluruh tahap dari pabrik udang beku menuju pabrik limbah udang, pabrik pakan udang, hingga didistribusikan ke konsumen, dilakukan rekapitulasi akan biaya yang harus dilakukan untuk mengirimkan limbah udang serta perkiraan komparasi biaya produksi dengan harga pasar yang ada saat ini.

III. HASIL DAN DISKUSI

A. Analisis Penawaran dan Permintaan

Analisis penawaran dan permintaan ditinjau dari data supply dan demand seluruh lokasi yang terpilih dalam penelitian ini dimana terdapat 6 lokasi asal yang memiliki

Tabel 6.

Hasil Klasterisasi Pabrik Limbah Udang - Pabrik Pakan Udang

Nama PLU	Nama Pabrik Pakan Udang
PLU Marindo Makmur Usahajaya	PT New Hope Aqua Feed Indonesia I
	PT Cargill Indonesia Vi
	PT Matahari Sakti I
	PT Thai Union Kharisma Lestari
	PT Feedmill Indonesia
PLU Bumi Menara Internusa	PT Haida Surabaya Trading
	PT Matahari Sakti Ii
PLU Indomanis	PT Cargill Indonesia Viii
	PT Suri Tani Pemuka
PLU Marine Cipta Agung	PT Cargill Indonesia Viii
	PT Matahari Sakti I
PLU Tri Mitra Makmur	PT New Hope Aqua Feed Indonesia I
	PT Universal Agri Bisnisindo
PLU Istana Cipta Semada	PT Sarifeed Indojoya
	PT Haida Surabaya Trading
PLU Pabrik Lamongan Bmi	PT Sarifeed Indojoya
	PT Matahari Sakti I
PLU Windublambangan Sejati	PT Cheil Jedang Superfeed
	PT New Hope Aqua Feed Indonesia II
Hub Pelabuhan Tanjung Perak	PT Suri Tani Pemuka
	PT Wirifa Sakti
	PT Matahari Sakti Ii
	PT Sekar Golden Harvesta Indonesia

pabrik beku yaitu Jawa Timur, Kalimantan Selatan, Kalimantan Utara, Sulawesi Selatan, Sulawesi Utara, dan Sumatra Utara dengan 1 lokasi tujuan pabrik pakan udang di yaitu pabrik udang Jawa Timur. Berdasarkan analisis supply-demand didapatkan nilai kebutuhan limbah udang di Jawa Timur beserta suplai dari wilayah lain.

Berdasarkan Tabel 1, didapatkan kebutuhan limbah udang di Jawa Timur adalah 38,96 ton/hari. Kebutuhan ini dapat disuplai dari wilayah lain dan dilakukan perhitungan dalam pemilihan moda terbaik untuk mendistribusikan produk limbah tersebut.

B. Diagram Rantai Pasok Limbah Udang

Selanjutnya, dilakukan perbandingan antara kondisi eksisting produk limbah udang dan rencana distribusi limbah udang. Pada kondisi eksisting, limbah udang yang diproduksi dari tambak menuju pabrik udang beku selanjutnya terdapat 3 pilihan tujuan limbah udang. Yang pertama, limbah akan langsung diambil oleh konsumen dan diolah kembali umumnya dalam skala kecil berupa produk-produk makanan. Selain itu, limbah dapat diolah dan dibawa menuju pabrik pakan udang namun untuk kondisi eksisting ini hanya berlaku pada seluruh pabrik yang terintegrasi (close loop supply chain). Opsi terakhir adalah limbah ini akan langsung dibuang pada tempat pembuangan sampah yang umumnya menimbulkan risiko berbahaya karena dapat menyebabkan pencemaran lingkungan. Oleh karena itu pada bab selanjutnya dilakukan analisis untuk mendistribusikan limbah udang dengan lebih terstruktur.

Berdasarkan Gambar 4, dapat terlihat bahwa skema rantai pasok saat ini terlihat tidap beraturan. Oleh sebab itu, dalam penelitian ini dilakukan perencanaan distribusi limbah udang. Berdasarkan Gambar 5, diagram rantai pasok untuk limbah udang akan dibawa menuju pabrik limbah udang untuk kemudian digunakan pada pabrik pakan udang dan dikirimkan ke konsumen.

Tabel 8.
Hasil Klasterisasi Pabrik Udang Beku - Pabrik Pakan Udang

Nama PUB	Tujuan Pabrik Pakan
PT Multi Prawn Indonesia	PT Cargill Indonesia VI
PT Alter Trade Indonesia	PT Feedmill Indonesia
PT Sekar Katokichi	PT Cargill Indonesia VI
PT Marindo Makmur Usahajaya	PT Thai Union Kharisma Lestari
PT Surya Alam Tunggal	PT Feedmill Indonesia
PT Agromina Wicaksana	PT New Hope Aqua Feed Indonesia I
PT Sk Foods Indonesia	PT Cargill Indonesia VI
PT Madsumaya Indo Seafood	PT Matahari Sakti I
PT Indomanis	PT Thai Union Kharisma Lestari
PT Marine Cipta Agung	Ptfeedmill Indonesia
PT Tri Mitra Makmur	PT Haida Surabaya Trading
Panca Mitra Multiperdana I	PT Cargill Indonesia VI
PT Istana Cipta Semada	PT Thai Union Kharisma Lestari
PT Pabrik Lamongan Bmi	Ptfeedmill Indonesia
PT Samudra Seafood Products	PT Cargill Indonesia VI
PT Windublambangan Sejati	PT Thai Union Kharisma Lestari
PT Bumi Menara Internusa	Ptfeedmill Indonesia
CV Kudatama Mas	PT Cargill Indonesia VIII
	PT Suri Tani Pemuka
	PT Cargill Indonesia VIII
	PT Suri Tani Pemuka
	PT Cargill Indonesia VIII
	PT Matahari Sakti I
	PT New Hope Aqua Feed Indonesia I
	PT Universal Agri Bisnisindo
	PT Sarifeed Indojoya
	PT Haida Surabaya Trading
	PT Sarifeed Indojoya
	PT Matahari Sakti I
	PT Matahari Sakti II
	PT Cargill Indonesia VIII

C. Analisis Rute Pabrik Udang– Pabrik Limbah Udang

Untuk menentukan area cakupan dari Pabrik Limbah Udang (PLU) yang akan dibentuk beserta jumlah pabrik limbah udang yang harus dibentuk, dilakukan perhitungan dengan menggunakan *set covering*. Dari perhitungan *set covering didapatkan* 19 pabrik limbah udang yang harus dibentuk. Data pabrik tersebut dimuat dalam Tabel 2.

Dari seluruh PLU yang ada dilakukan analisis rute yang terbentuk menggunakan TSP. Selanjutnya, perhitungan total biaya dari rute dengan menggunakan PLU akan dibandingkan dengan rute limbah udang tanpa menggunakan PLU. Dalam perhitungan ini juga terdapat 2 opsi moda truk yaitu *dump truck* kapasitas 5 ton dan *cooling truck* dengan kapasitas 15 ton. Hasil perhitungan biaya transportasi dari seluruh skenario dimuat oleh Tabel 3. Berdasarkan Tabel 3 didapatkan bahwa skenario 1 dengan menggunakan *cooling truck* merupakan skenario optimum dan moda ini akan digunakan untuk mendistribusikan limbah udang dari pabrik udang menuju pabrik limbah udang.

Selanjutnya, untuk pabrik limbah udang di luar Jawa Timur, diperlukan lokasi untuk memuat limbah udang pada satu tempat dan dapat dimuat kedalam peti kemas. Berdasarkan perhitungan dengan menggunakan *center of gravity* (COG) didapatkan 6 lokasi gudang beserta titik koordinat Gudang. Berdasarkan Tabel 4, didapatkan 6 lokasi

gudang muat limbah udang dengan total produksi maksimum terdapat pada wilayah Sulawesi Selatan dengan total produksi 19,2 ton/hari.

D. Analisis Armada Pelayaran dan Lokasi Asal Terpilih

Setelah seluruh moda distribusi darat dari pabrik menuju Pelabuhan muat dilakukan, dilakukan analisis akan skenario optimum berdasarkan rute yang ada dan terdapat 1 kemungkinan rute untuk transit yaitu di Pelabuhan Belawan – Jakarta – Surabaya. Berdasarkan model optimasi yang dilakukan pada kedua skenario, didapatkan 1 hasil optimasi yang sama. Hasil ditunjukkan oleh Tabel 5. Dari perhitungan optimasi yang dilakukan, didapatkan 3 lokasi asal yaitu Makassar, Tarakan, dan Bitung dengan total frekuensi sebanyak 117 kali dan biaya total sebesar Rp1.861.500.000 /tahun.

E. Perhitungan Inventory Level Pelabuhan Tujuan

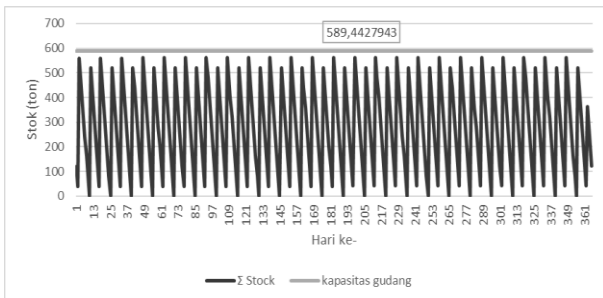
Untuk memudahkan perhitungan biaya nantinya, maka dilakukan perhitungan untuk luasan Gudang dalam kegiatan operasional penerimaan dan distribusi limbah udang sesuai dengan jumlah kedatangan limbah udang, dimana perhitungan inventory level didapatkan dengan perhitungan optimasi untuk meminimumkan inventory level dan decision variable dari optimasi adalah selisih keberangkatan muatan dari voyage pertama ke voyage kedua dan seterusnya. Dari

Tabel 12.
Hasil Perhitungan Biaya Total Setiap Skenario

Skenario	Total Jarak (km)	Biaya Total
Dengan PLU (dump truck)	1887,94	Rp4.875.868.822
Dengan PLU (cooling truck)	1887,94	Rp4.672.614.599
Tanpa PLU (dump truck)	2841,18	Rp7.605.999.381
Tanpa PLU (cooling truck)	2841,18	Rp7.970.687.026

Tabel 13.
Hasil Optimasi Pengiriman Pakan Udang

Rute	Surabaya - Belawan	Surabaya – Kuala Tanjung - Malahayati
Nama Pelayaran	Tanto 1	Spil 1
Frekuensi yang dibutuhkan	1	48
RTD	5	7,5
Kargo Terangkut (ton/tahun)	400,07	28.804,95
Ocean Freight	Rp18.900.000	Rp11.160.000
Biaya Petikemas	Rp17.500.000	Rp1.860.000.000
Biaya Transit	-	Rp12.177.600
Biaya trucking	Rp 126.751.800	Rp3.164.678.400
Total Biaya	Rp 163.151.800	Rp16.196.856.000



Gambar 7. Pola operasional pengiriman pakan udang.

optimasi yang dilakukan, didapatkan diagram stock dan kebutuhan akan Inventory level.

Dari Gambar 6, didapatkan bahwa kebutuhan gudang untuk limbah udang adalah gudang dengan kapasitas 1.522,4 ton. Dengan data massa jenis tepung udang 700 kg/m³ dan tinggi tumpukan maksimum setinggi 2-meter maka dibutuhkan lahan seluas 986,5 m².

F. Penentuan Skema Truk Pengeluaran Peti Kemas

Setelah peti kemas sampai di pelabuhan tujuan, dilakukan perhitungan untuk menentukan skenario optimum pengeluaran petikemas dari pelabuhan. Terdapat 2 skenario pengeluaran petikemas yaitu dengan *truck loosing* dan *stack to CY* dengan skema pengadaan truk melalui sewa/trip atau membeli unit baru. Dari perhitungan keseluruhan didapatkan total biaya untuk setiap skenario, seperti yang dimuat oleh Tabel 6.

Berdasarkan perhitungan, didapatkan bahwa skenario dengan biaya minimum adalah skenario *Stack to CY* dimana petikemas akan dibongkar terlebih dahulu di lapangan penumpukan dan dibawa dengan moda truk dengan skema pengadaan pembelian unit truk baru.

G. Analisis Rute Pabrik Limbah Udang – Pabrik Pakan

Ketika telah sampai di hub Surabaya, produk limbah udang harus didistribusikan ke pabrik pakan udang untuk diolah Bersama dengan produk limbah udang lainnya di wilayah Jawa Timur. Oleh karena itu digunakan metode *max set*

Tabel 9.
Rekapitulasi Biaya Stripping Stuffing

Armada	Capital cost	Operational cost	Total cost
Temas 6	Rp-	Rp756.000.000	Rp756.000.000
Temas 8	Rp-	Rp693.000.000	Rp693.000.000
Temas 4	Rp-	Rp115.500.000	Rp115.500.000
Total	Rp-	Rp1.564.500.000	Rp1.564.500.000

Tabel 10.
Biaya Pengadaan Gudang

Komponen Biaya	Capital Cost	Operational Cost	Total Cost
Sewa	Rp-	Rp350.000.000	Rp350.000.000
Forklift	Rp31.898.097	Rp3.920.000	Rp35.818.097
Gaji	Rp-	Rp18.101.916	Rp18.101.916
Listrik	Rp-	Rp1.750.000	Rp1.750.000
Air	Rp-	Rp1.750.000	Rp1.750.000
total	Rp31.898.097	Rp375.521.916	Rp407.420.013

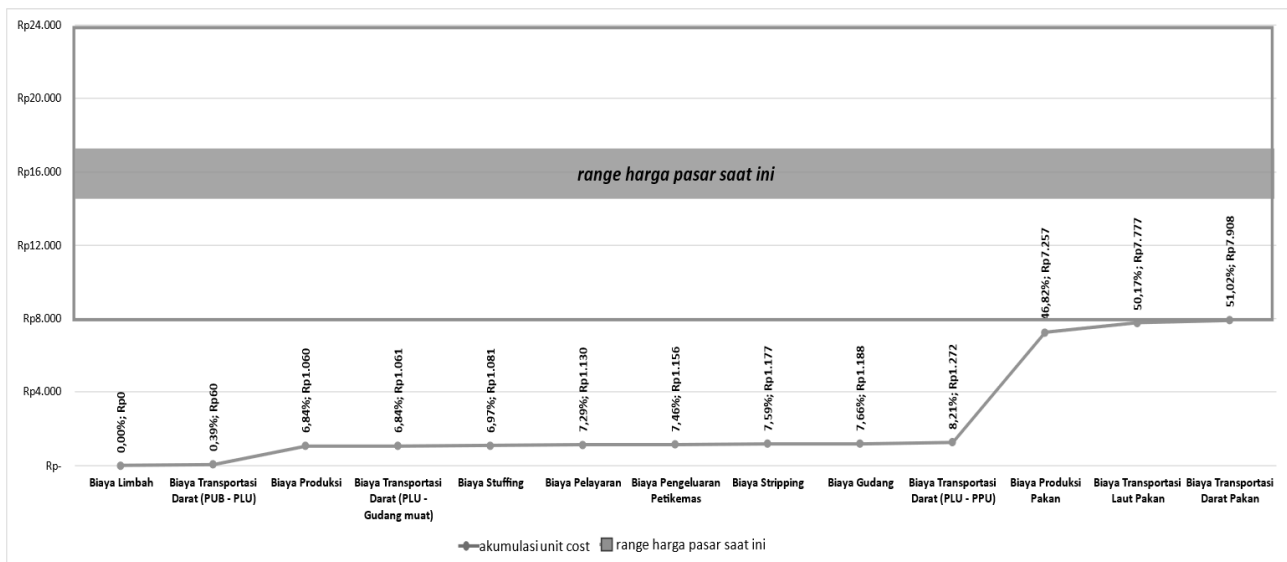
Tabel 11.
Rekapitulasi Total Biaya Pengiriman Limbah Udang

Komponen Biaya	total cost	Akumulasi Unit Cost
Biaya Limbah	Rp-	Rp-
Biaya Transportasi Darat (PUB - PLU)	Rp2.303.594.313	Rp60
Biaya Produksi	Rp38.165.500.000	Rp1.060
Biaya Transportasi Darat (PLU - Gudang muat)	Rp18.323.071	Rp1.061
Biaya Stuffing	Rp759.900.000	Rp1.081
Biaya Pelayaran	Rp1.861.500.000	Rp1.130
Biaya Pengeluaran Petikemas	Rp1.004.438.789	Rp1.156
Biaya Stripping	Rp804.600.000	Rp1.177
Biaya Gudang	Rp407.420.013	Rp1.188
Biaya Transportasi Darat (PLU - PPU)	Rp3.216.778.172	Rp1.272
Biaya Produksi Pakan	Rp2.284.381.346.948.000	Rp7.257
Biaya Transportasi Laut Pakan	Rp15.173.777.600	Rp7.777
Biaya Transportasi Darat Pakan	Rp3.819.969.600	Rp7.908

covering untuk melakukan klasterisasi pabrik limbah udang terhadap pabrik pakan udang. Batasan yang digunakan pada klasterisasi ini adalah: 1 pabrik limbah udang harus melayani 1 pabrik pakan udang atau lebih dan total limbah udang terkirim harus lebih kecil atau sama dengan produksi limbah pada pabrik limbah udang. Dari hasil klasterisasi, Dari perhitungan klasterisasi menggunakan *max set covering* ini, didapatkan volume yang harus didistribusikan oleh pabrik udang di Jawa Timur yaitu yang dimuat dalam Tabel 7.

Dari perhitungan *max set covering*, didapatkan jumlah maksimal yang harus disuplai oleh 1 PLU adalah pada Hub Pelabuhan Tanjung Perak dengan jumlah limbah sebesar 38,963 ton/hari. Sebagai perbandingan, terdapat juga perhitungan apabila tidak terdapat pabrik limbah udang di Jawa Timur dan setiap pabrik udang mengolah limbahnya sendiri untuk langsung didistribusikan menuju pabrik pakan udang dan didapatkan hasil klasterisasi seperti yang dapat dilihat pada Tabel 8.

Selanjutnya dalam menentukan rute dari pabrik limbah udang maupun dari pabrik udang beku menuju pabrik pakan udang, dilakukan perhitungan dengan menggunakan CVRP dimana terdapat batasan kapasitas untuk 1 muatan truk. Dari perhitungan CVRP, penentuan skenario terbaik adalah melalui skenario dengan biaya paling minimum dimana terdapat 2 skenario yang terbentuk serta 2 skema pengadaan truk. Berdasarkan Tabel 9 didapatkan biaya minimum ada pada skenario dengan PLU dan pengadaan *cooling truck*.



Gambar 8. Akumulasi perbandingan biaya produksi dengan harga pasar saat ini.

H. Analisis Pelayaran dan Rute Pakan Udang

Saat produk telah didistribusikan dan telah diolah sedemikian rupa hingga menjadi pakan udang, produk akan didistribusikan lagi ke seluruh kota di Jawa Timur dan jumlah pakan udang berlebih sebesar 80,01 ton akan didistribusikan ke wilayah Aceh yang memiliki permintaan pakan udang sebesar 6.272,6 ton/hari. Akan ada penggabungan dari rute direct dan rute transit dalam metode optimasi dan didapatkan hasil optimasi untuk distribusi pakan udang dengan biaya paling minimum. Rute dimuat dalam Tabel 10.

Total biaya yang didapatkan dalam proses pengiriman pakan udang dari pabrik pengolah pakan udang di Jawa Timur hingga sampai di lokasi tambak udang yaitu provinsi Aceh adalah Rp16.360.007.800 / tahun Selanjutnya, dilakukan analisis akan pola operasional armada yang akan mengangkut pakan udang dimana terdapat penentuan keberangkatan kapal yang akan membawa muatan pakan udang.

Berdasarkan Gambar 7 didapatkan pola operasi untuk mendapat kapasitas yang ideal adalah dengan menggunakan kapal transit yaitu Spil – Temas seluruh frekuensi kapal digunakan untuk memenuhi kebutuhan pakan udang dan untuk rute direct yaitu kapal Tanto sebanyak 1 voyage diletakkan pada akhir tahun. Kapasitas Gudang pada wilayah Aceh untuk menerima pakan udang adalah 590 ton.

I. Komponen Biaya Lainnya

Dalam mendistribusikan limbah udang, terdapat biaya lainnya berupa biaya stuffing dan stripping peti kemas di pelabuhan asal dan pelabuhan tujuan. Berdasarkan data biaya stripping dan stuffing petikemas, didapatkan biaya total. Berdasarkan Tabel 11, didapatkan total biaya untuk stuffing dan stripping adalah sebesar Rp1.564.500.000 /tahun.

Selanjutnya, pada perencanaan distribusi limbah udang juga terdapat Gudang yang dibentuk di area Jawa Timur sebagai lokasi untuk penyimpanan limbah udang yang didapatkan dari area lain. Untuk perhitungan operasional gudang dapat terlihat pada Tabel 12. Didapatkan total biaya gudang adalah Rp407.420.013 /tahun.

J. Analisis Biaya

Dari seluruh perhitungan yang telah dilakukan, dilakukan

perhitungan akumulasi perhitungan biaya untuk pengangkutan limbah udang dari pabrik udang hingga menjadi produk pakan dan didistribusikan ke lokasi tambak tujuan seperti pada Tabel 13.

Melalui analisis data yang dilakukan, didapatkan kisaran harga produk limbah udang adalah Rp 1.000 – Rp.5000. Sedangkan biaya untuk pembuatan limbah udang menurut survey yang dilakukan adalah Rp1.000/kg. Selanjutnya untuk pembuatan pakan udang didapatkan biaya produksi untuk 1 kg pakan udang adalah Rp5.985 /kg. Ketika biaya produksi digabungkan dengan biaya transportasi akan didapatkan akumulasi perbandingan biaya dalam setiap prosesnya dalam satuan -Rp/kg dan dibandingkan dengan harga pasar saat ini.

Berdasarkan Gambar 8, didapatkan bahwa total biaya dalam memproduksi pakan udang beserta distribusi menuju area Aceh memiliki nilai total Rp7.908 /tahun dan harga pasar saat ini untuk 1 kg pakan udang bernilai Rp8.000 – Rp23.000 /kg sehingga untuk produksi pakan udang dengan menggunakan bahan limbah udang dinilai layak untuk diproduksi serta didistribusikan.

Dari akumulasi perhitungan transportasi dari pabrik udang menuju pabrik pakan udang dan ke daerah tujuan didapatkan total biaya untuk 1 kg pakan udang adalah Rp7.907/kg. Jika dibandingkan dengan harga pasar minimum maka terdapat perbedaan sebesar Rp93 /kg atau sebesar 1%. Sedangkan jika dibandingkan dengan nilai rata-rata harga pasar untuk pakan udang, didapatkan perbedaan harga sebesar Rp7.592 /kg atau sebesar 49%. Dari analisis biaya diatas dapat dikatakan bahwa distribusi limbah udang merupakan kegiatan logistik yang layak untuk dilakukan.

Selain itu, apabila dilakukan perbandingan antara biaya moda transportasi darat dan laut, didapatkan bahwa biaya transportasi laut mengambil bagian terbesar dibandingkan biaya lainnya dengan persentase 58% dibandingkan dengan biaya transportasi darat yang hanya sebesar 35,28%.

IV. KESIMPULAN/RINGKASAN

Kesimpulan yang dapat disusun, yaitu: (1) Biaya yang dikeluarkan dalam setiap tahapan dimulai dari pabrik udang beku menuju pabrik limbah udang sebesar Rp2.303.594.313 /tahun, lalu dari pabrik limbah udang menuju gudang muat

untuk pabrik limbah udang diluar Jawa Timur adalah sebesar Rp18.323.071 /tahun, kemudian untuk pengiriman dari pelabuhan asal ke tujuan adalah Rp1.861.500.000 /tahun. Kemudian untuk pengeluaran petikemas dari pelabuhan bongkar adalah sebesar Rp1.004.438.789 /tahun. Selanjutnya untuk distribusi limbah udang dari pabrik limbah udang dan hub Surabaya menuju pabrik pakan udang didapatkan biaya sebesar Rp3.216.778.172 /tahun. Sedangkan untuk biaya lainnya didapatkan biaya gudang untuk pelabuhan bongkar dengan total biaya sebesar Rp407.420.013 /tahun dan *inventory carrying cost* sebesar Rp21.593.671 /tahun. Untuk total biaya yang harus dikeluarkan baik transportasi darat, laut, serta biaya lainnya adalah sebesar Rp10.376.554.357 /tahun.

Kesimpulan berikutnya, (2) Pola distribusi produk dari hasil olahan limbah udang yaitu pakan udang menggunakan skema *port to door* dimana total biaya transportasi yang dikeluarkan adalah Rp18.993.747.200 /tahun dengan biaya transportasi darat sebesar Rp3.819.969.600 /tahun dan biaya transportasi laut sebesar Rp15.173.777.600 /tahun. Terdapat 2 armada yang terpilih yaitu Spil – Temas dengan rute transit yaitu Surabaya – Malahayati – Kuala Tanjung dengan frekuensi sebanyak 48 kali dan Tanto dengan rute *direct* yaitu Surabaya – Medan dan frekuensi sebanyak 1 kali.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. K. dan P. R. Indonesia, *Program Percepatan Pengembangan Tambak Udang Nasional*. Jakarta: Kementerian Kelautan dan Perikanan Republik Indonesia, 2020.
- [2] B. A. Asmoro, "Substitusi Tepung Tapioka dan Kaldu Limbah Udang terhadap Fisikokimia, Organoleptik Petis," Program Studi S1 Teknologi Hasil Pertanian, Universitas Semarang, Semarang, 2019.
- [3] R. Frei, A. Bines, I. Lothian, and L. Jack, "Understanding reverse supply chains," *Int. J. Supply Chain Oper. Resil.*, vol. 2, no. 3, pp. 246–266, 2016, doi: 10.1504/IJSCOR.2016.082029.
- [4] F. Pulansari, "Desain Model Sistem Reverse Logistics pada Industri Elektronika Konsumsi, Bidang Keahlian Optimasi Sistem Industri, Program Studi Teknik Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, 2017.
- [5] J.-F. Tsai, J. G. Carlsson, D. Ge, Y.-C. Hu, and S. Jianming, "Optimization theory, methods, and applications in engineering," *Math. Probl. Eng.*, pp. 1–3, 2015, doi: <http://dx.doi.org/10.1155/2015/345858>.
- [6] I. D. Argun, "An Overview on Set Covering Problems With a Focus on Military Applications," in *Operations Research for Military Organizations*, 1st ed., Hershey, Pennsylvania: IGI Global, ISBN-13: 978-1522555131, 2018, pp. 54–66.
- [7] E. Osaba, X.-S. Yang, and J. Del Ser, "Traveling Salesman Problem: A Perspective Review of Recent Research and New Results with Bio-inspired Metaheuristics," in *Nature-Inspired Computation and Swarm Intelligence*, 1st ed., X.-S. Yang, Ed. Cambridge, Massachusetts: Academic Press, ISBN: 978-0-12-819714-1, 2020, pp. 135–164.
- [8] K. Braekers, K. Ramaekers, and I. Van Nieuwenhuysse, "The vehicle routing problem: State of the art classification and review," *J. Comput. Ind. Eng.*, vol. 99, pp. 1–47, 2015, doi: <https://doi.org/10.1016/j.cie.2015.12.007>.