Optimalisasi Pengiriman Semen Curah Melalui Jalur Laut Menggunakan Algoritma Transportasi dan Penugasan

Firda Ayu Sabda Rifa[1], Evi Yuliawati[2]
[1,2]Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya
Email: [1]firdaayusr@gmail.com, [2]eviyulia103@gmail.com

Abstract

This study describes the determination of bulk cement demand for the coming period, allocation through transportation models and assignments for each ship. The ship has different capacities to distribute bulk cement to 3 Packing Plants (PP), namely PP Ciwandan, PP Tanjung Priok, and PP Banyuwangi. In its completion, an aggregation calculation is needed to balance the supply and demand by considering the bulk cement price per tonne. Forecasting data processing uses Minitab software using 2 different methods. By using the MSE and MAPE parameters, it is obtained Linear Regression which has the smallest error value. The results of the demand forecast were that PP Ciwandan was 8,183 tons, Tanjung Priok PP was 8,281 tons, and PP Banyuwangi was 4,766 tons. To determine transportation costs using the North West Corner (NWC) method, the total estimated cost is Rp1,691,499,365,- and the savings matrix using MODI is Rp1,402,580,592, -. The allocation of ships for distribution is carried out by the assignment method. The results of vessel allocation are as follows: KM. Yurico served the purpose of Tanjung Priok, KM. Joceline serves the purpose of Ciwandan, and KM. Tangkas for the purpose of Banyuwangi. That way there was a cost savings of 12.33%.

Keywords: *Assignment, Forecasting, Linear regression, North West Corner (NWC)*

Abstrak

Penelitian ini membahas mengenai pemenuhan permintaan semen curah dan pendistribusiannya. Permintaan semen curah dari 3 *Packing Plant* (PP), yaitu PP Ciwandan, PP Tanjung Priok, dan PP Banyuwangi sesuai rencana akan didistribusikan melalui jalur laut karena pertimbangan minimasi biaya. Melalui model transportasi dan penugasan akan ditentukan alokasi kapal untuk memenuhi permintaan dari ketiga PP tersebut. Tahap awal penyelesaian penelitian membutuhkan perhitungan agregasi untuk menyeimbangkan antara permintaan dan pasokan dengan mempertimbangkan harga semen curah per ton. Selanjutnya dengan membandingkan 2 metode peramalan menggunakan *software* POM-QM diperoleh metode *Linear Regression* yang memiliki nilai parameter MSE dan MAPE terkecil. Hasil dari metode tersebut didapatkan kebutuhan dari masing-masing PP adalah: PP Ciwandan sebesar 8.183 ton, PP Tanjung Priok sebesar 8.281 ton, dan PP Banyuwangi sebesar 4.766 ton. Perhitungan biaya transportasi ke tiga PP dengan metode *North West Corner* (NWC) menghasilkan total estimasi biaya sebesar Rp1.691.499.365,- dan dengan kemudian dilakukan langkap optimasi menggunakan MODI hingga diperoleh total biaya transportasi sebesar Rp1.402.580.592,-. Pengalokasian kapal untuk pendistribusiannya dilakukan dengan menggunakan metode penugasan. Hasil pengalokasian kapal diperoleh sebagai berikut: KM. Yurico melayani tujuan Tanjung Priok, KM. Joceline melayani tujuan Ciwandan, dan KM. Tangkas untuk tujuan Banyuwangi. Dengan begitu terjadi penghematan biaya sebesar 12,33%.

Kata Kunci: Penugasan, Peramalan, *Linear regression, North West Corner (NWC)*

1. Pendahuluan

Sebagai Negara berkembang, Indonesia sedang menjalankan pembangunan infrastruktur secara beruntun di berbagai sektor. Dalam memenuhi kebutuhannya dibutuhkan sumber daya yang cukup, salah satunya persediaan bahan baku. Salah satu bahan baku yang paling dibutuhkan yaitu semen yang berfungsi sebagai perekat untuk memperkuat bangunan dimana PT Semen Indonesia (Persero) Tbk. menguasai pangsa pasar domestik sebesar 52,5%. PT Semen Indonesia (Persero) Tbk. memiliki keunggulan yang mencerminkan kekuatan perusahaan. Namun perusahaan juga dituntut untuk memenuhi seluruh persediaan

ISSN : 2721-1878
DOI : 10.31284/j.jtm.2021.v2i1.1524

semen dalam jumlah dan waktu yang tepat di berbagai daerah di Indonesia, Misalnya, Jakarta, Surabaya, Padang, Gresik, Bandung, dan sebagainya.

PT Semen Indonesia (Persero) Tbk. memiliki sistem distribusi melalui dua jalur, yaitu jalur darat dan jalur laut. Pendistribusian melalui jalur darat menggunakan armada truk dan pendistribusian melalui jalur laut menggunakan jasa agen kapal dengan sistem *gross time charter*. Dimana *gross time charter* merupakan sewa kapal dengan pembayaran suatu harga yang dihitung menurut lamanya waktu. Pendistribusian melalui jalur laut berupa Semen dalam bentuk *bag* dan curah. Semen curah diproduksi di pabrik yang salah satunya berlokasi di Tuban. Proses pendistribusiannya yaitu, semen dari pabrik dikirim ke Pelabuhan Tersus (Terminal Khusus) Tuban kemudian didistribusikan ke beberapa tujuan *Packing Plant* (PP) yaitu Ciwandan, Tanjung Priok, Banyuwangi, Celuk Bawang, dan Batam.

Proses pendistribusi semen curah ke beberapa lokasi silo PP yang saling berjauhan menyebabkan PT Semen Indonesia Tbk. melalui Terminal Khusus Tuban harus menyewa kapal dengan kapasitas berbeda. Namun, dalam pelaksanaannya ditemukan banyak kendala sehingga belum optimal. Pada PP Tanjung Priok dan PP Ciwandan terjadi kelebihan *stock* silo yang mana kapasitas maksimum silo untuk PP Tanjung Priok 22.000 ton dan PP Ciwandan 10.000 ton. Berbeda dengan PP Tanjung Priok dan PP Ciwandan, permasalahan pada PP Banyuwangi yaitu Permintaan akan semen pada periode tersebut rendah, namun ketersediaan *stock* silo berlebih. Hal ini dikarenakan peramalan permintaan tidak akurat. Permasalahan tersebut menyebabkan kapal harus menjadi gudang penyangga sementara untuk menunggu kapasitas silo yang masih penuh. Hal ini berdampak pada biaya transportasi, karena semakin lama kapal bersandar semakin besar pula biaya sewa kapal yang harus dikeluarkan.

Berdasarkan permasalahan tersebut, maka perlu dilakukan upaya pengalokasian kebutuhan semen curah dengan menggunakan metode algoritma transportasi dan metode penugasan untuk masing-masing kapal di Terminal Khusus Tuban. Kedua metode tersebut bertujuan untuk meminimalkan biaya transportasi. Dimana untuk tahap awal diperlukan penentuan kebutuhan semen di tiap *Packing Plant* dengan peramalan dari data historis pengiriman semen curah tahun 2019, untuk selanjutnya pengalokasian kebutuhan melalui model transportasi dan penugasan kapal dengan mempertimbangkan faktor-faktor seperti jarak, biaya, waktu, dan performansi kapal. Dengan begitu dapat mengoptimasi biaya transportasi.

Penelitian mengenai optimalisasi pengiriman semen curah melalui jalur laut menggunakan algoritma transportasi dan penugasan sudah dilakukan oleh peneliti sebelumnya. Penelitian yang dilakukan oleh [1] membahas permasalahan tersebut namun tidak melakukan perhitungan agregasi. Agregasi atau yang sering dikenal dengan istilah a*gregat planning* bertujuan untuk mengembangkan perencanaan produksi yang *feasible* pada tingkat menyeluruh. Tujuannya adalah agar keseimbangan antara permintaan dan pasokan dapat tercapai, dengan mempertimbangkan biaya produksi yang minimal [2].

Berbeda dengan penelitian diatas, pada penelitian ini dilakukan agregasi sebelum melakukan peramalan supaya terjadi keseimbangan antara permintaan dan pasokan. Dengan begitu, penelitian ini diharapkan dapat mengoptimalkan alokasi pendistribusian semen curah dengan mempertimbangkan biaya transportasi yang minimal.

2. Tinjauan Pustaka

Transportasi

Transportasi adalah sekumpulan aktivitas yang berkenaan dengan pemindahan, pengangkutan dan penyimpanan atas barang dari titik produksi ke titik konsumsi. Sehingga berdasarkan definisi tersebut, kegiatan transportasi atau distribusi tidak lepas dari perencanaan rute pemindahan dan alat angkut *(vehicle)* [3].

Optimalisasi

Optimasi adalah salah satu disiplin ilmu dalam matematika yang fokus untuk mendapatkan nilai minimun atau maksimum secara sistematis dari suatu fungsi, peluang, maupun pencarian nilai lainnya dalam berbagai kasus. Optimasi sangat berguna di hampir segala bidang dalam rangka melakukan usaha secara efektif dan efisien untuk mencapai target hasil yang ingin dicapai [4].

***Forcasting* (Peramalan)**

Peramalan adalah seni atau ilmu untuk memperkirakan kejadian di masa depan. Hal ini dapat dilakukan dengan melibatkan pengambilan data historis dan memproyeksikannya ke masa mendatang dengan suatu bentuk model sistematis [5].

Moving Average

Metode *Moving Average* digunakan jika data masa lalu merupakan data yang tidak memiliki unsur *trend* atau faktor musiman. Tujuan utama dari penggunaan rata-rata bergerak adalah untuk menghilangkan atau mengurangi acakan (*randomness*) dalam deret waktu [6]. Secara matematis, persamaan *Moving Average* dapat dirumuskan sebagai berikut [5] :

$$Mt = Ft+1 \tag{1}$$

$$\frac{Yt+Yt-1+Yt-2...+Yt-n+1}{n} \tag{2}$$

***Linear Regression* (Regresi Linear)**

Regresi linear adalah sebuah metode yang digunakan untuk menguji hubungan antara variabel bebas dan variabel terikat. Dalam hal ini, analisa regresi diperlukan untuk memperkirakan arah dan kekuatan hubungan linear antar variabel, dengan mencari koefisien korelasinya. Jika koefisien korelasinya secara *significant* berbeda dari nol, maka langkah selanjutnya adalah menjabarkan suatu persamaan untuk mengungkap hubungan linear antara dua variabel tersebut. Secara matematis, persamaan *Linear Regression* dapat dirumuskan sebagai berikut [7] :

Regresi Linear Sederhana :

$$Y = a+bx \tag{3}$$

Regresi Linear Berganda

$$Yt = a+B1.X1t+B2.X2t+...+Bn.Xnt \tag{4}$$

***North West Corner* (NWC)**

North West Corner Merupakan metode untuk menyusun pengalokasian nilai awal sel ditetapkan pada sel yang beradadi ujung kiri atas tabel. Nilai sel awal tergantung pada kendala – kendala permintaan dan pasokan untuk sel [8].

MODI

Metode MODI (*modified distribution*) merupakan pengembangan dari metode *stepping stone.* Karena penentuan segi empat kosong yang bisa menghemat biaya yang dilakukan dengan prosedur yang lebih pasti dan tepat, serta metode ini dapat mencapai hasil optimal lebih cepat. Cara untuk memilihnya digunakan Ri + Kj = Cij. Ri adalah nilai baris i, Kj adalah nilai kolom j dan Cij adalah biaya pengangkutan satu satuan barang dari sumber i ke tujuan j [9].

Metode Penugasan *(Assigment)*

Metode penugasan akan digunakan untuk mamaksimalkan keuntungan dalam suatu perusahaan [10]. Terdapat 2 penyelesaian yaitu masalah minimasi dan masalah maksimasi. Namun pada studi kasus ini menggunakan masalah minimasi. Menurut [10] terdapat masalah pada penugasan minimasi dan beberapa hal yang harus diketahui, yaitu :

1. Menyusun pada tabel biaya.
2. Lakukan pengurangan pada baris, dengan cara :
   a. Pilih nilai yang terendah pada disetiap baris.
   b. Lakukan pengurangan pada setiap nilai dengan nilai terendah yang sudah dipilih pada setiap barisnya.
   c. Lakukan pengurangan pada setiap kolom dengan nilai terendah yang sudah dipilih pada setiap kolomnya.

3. Selanjutnya, Tarik sejumlah garis horizontal atau vertikal seminimum mungkin pada kolom untuk mencoret semua nilai yang memiliki angka nol pada tabel biaya.
4. Lakukan pengecekkan pada tabel:
   a. Jika jumlah pada garis yang diproleh tidak sama dengan jumlah baris/kolom maka tambahi satu baris/kolom pada tabel agar seimbang.
   b. Jika jumlah pada garis yang diproleh sama dengan jumlah baris/kolom maka penugasan sudah optimal.
   c. Jika jumlah pada garis yang diproleh tidak sama dengan jumlah baris/kolom maka hal yang harus dilakukan yaitu pilih nilai yang terendah dari semua nilai yang tidak dilewati garis dengan mengurangkan semua nilai tersebut dengan nilai terendah yang terpilih.
   d. Tambahkan nilai yang berada pada perpotongan garis dengan nilai terendah yang terpilih tadi.
   e. Nilai yang dilewati garis tetapi tidak berada pada perpotongan maka nilai tersebut tidak berubah.
   f. Lakukan pengecekkan pada tabel kembali, Jika belum optimal maka lakukan perulangan langkah-langkah tersebut sampai mendapatkan niai yang optimal.

Pada kasus persoalan ini dimana jumlah baris tidak sama dengan kolom maka, harus menyeimbangkan jumlah baris dan kolomnya dengan menambah variabel dummy bernilai nol pada baris atau kolom, dengan ketentuan:

1. Jika jumlah baris lebih sedikit dari pada jumlah kolom maka, variabel dummy ditambahkan pada baris.
2. Jika jumlah kolom lebih sedikit dari pada jumlah baris maka, variabel dummy ditambahkan pada kolom.
3. Setelah jumlah baris sama dengan jumlah kolom maka, yang akan dilakukan yaitu melanjutkan langkah-langkah seperti peyelesaian sebelumnya tetapi, untuk variabel dummy tidak perlu dikurangkan dengan nilai terendah.

3. Metode

Tahap awal penyelesaian penelitian adalah melakukan tahap identifikasi permasalahan. Pada bagian ini dilakukan identifikasi terhadap permasalahan yang terjadi di PT Semen Indonesia (Persero) Tbk, dan kemudian dilanjutkan dengan penetapan tujuan penelitian. Tahap ini dilakukan melalui studi lapangan dan studi literatur dengan melakukan wawancara terhadap karyawan bagian *Unit Transportation II*. Selanjutnya adalah tahap pengumpulan data. Data yang berupa data rilis pengiriman semen curah Tahun 2019, data performansi kapal dan data matriks jarak.

Setelah itu, tahap pengolahan data. Dalam tahap ini data-data yang telah didapat diolah dengan menganalisis permintaan per periode, melakukan peramalan permintaan, menghitung waktu dan biaya kapal, mengalokasikan kebutuhan dengan model transportasi dan penugasan. Kemudian pada tahap analisa dan kesimpulan. Dari hasil pengolahan data dilakukan analisa dan kemudian ditarik kesimpulan.

4. Hasil dan Pembahasan

Data Performansi Kapal

Tabel 1. Data Performansi Kapal

	KM. Cerdas	KM. Yurico	KM. Tangkas	KM. Oceanic Joy	KM. Jeceline
Volume Real (Ton)	10.000	5.800	5.000	4.700	7.000
Loading Rate (Ton/Jam)	400	400	400	300	400
Discharging Rate (Ton/Jam)	250	300	300	300	250
Kecepatan (Knot)	12	10	10	10	12
Biaya Sewa (Rp)	177.642.000	148.990.000	148.035.000	177.642.000	148.990.000

Hasil Agregasi

Agregasi bertujuan untuk menyeimbangkan antara permintaan dan pasokan dengan mempertimbangkan biaya semen curah per ton. Unit agregasi yang digunakan yaitu harga semen curah. Dimana harga semen curah tipe OPC yaitu Rp930.000,-/ton dan harga semen curah tipe PCC yaitu

Rp900.000,-/ton. Langkah awal yaitu data permintaan per periode dikali dengan unit agregasi yang digunakan, lalu dari hasil 3 item tersebut dijadikan *product family*. Dari hasil pengolahan data menggunakan agregasi, diperoleh hasil rekapitulasi pada Tabel 1.

Tabel 2. Hasil Rekapitulasi Agregasi (dalam Triliun)

Ciwandan	Tanjung Priok	Banyuwangi	Grand Total
3,17291	3,10748	1,78841	8,06880

Hasil Peramalan

Setelah melakukan agregasi, dilakukan peramalan permintaan semen menggunakan *Softwar*e POM-QM. Pada penelitian ini, data yang digunakan berpola Musiman. Dengan begitu peramalannya menggunakan metode *Moving Average* karena data tidak berfluktuasi dengan tajam dan metode *Linear Regression* karena mengasumsikan variabel yang diramalkan menunjukkan adanya hubungan sebab akibat dengan satu atau beberapa variabel bebas. Pada Tabel 2 dapat dlihat hasil perbandingan peramalan antara kedua metode tersebut :

Tabel 3. Hasil Perbandingan Metode Peramalan

	Moving Average	*Linear Regression*
MSE	61.059.350.000.000.000.000	47.858.320.000.000.000.000
MAPE	40,779%	40,252%
Hasil Peramalan	23.274.370.000	19.350.750.000

Dari hasil perbandingan tabel diatas, dapat diketahui bahwa metode *Linear Regression* memiliki nilai eror terkecil. Dengan begitu untuk melakukan disagregasi menggunakan hasil peramalan pada metode *Linear Regression.*

Hasil Disagregasi

Setelah mendapatkan hasil peramalan permintaan, selanjutnya melakukan disagregasi dengan tujuan untuk menyusun jadwal induk produksi. Perhitungan ini menggunakan teknik prosentase yang diperoleh dari output yang sudah dikonversi oleh harga semen per ton pada masing–masing PP.

Tabel 4. Hasil Rekapitulasi Disagregasi dan MPS

Packing Plant	Persentase (%)	MPS / Permintaan
Ciwandan	39,30	8.183
Tanjung Priok	38,50	8.281
Banyuwangi	22,20	4.766

Hasil Algoritma Transportasi

Pada perhitungan algoritma transportasi menggunakan metode NWC, didapatkan total biaya transportasi sebesar Rp1.691.499.365,-. Setelah itu dilakukan perhitungan MODI yang menghasilkan biaya sebesar Rp1.402.580.592,- dengan tujuan agar biaya transportasi yang diperoleh lebih minimum. Biaya tersebut lebih hemat sekitar 12,33% bila dibandingkan pengeluaran perusahaan untuk biaya transportasi selama ini. Faktor yang mempengaruhi penghematan tersebut adalah Peramalan permintaan yang akurat dengan mempertimbangkan perencanaan agregasi dan perhitungan biaya transportasi menggunakan metode NWC-Modi dan Penugasan.

Hasil Penugasan

Langkah penyelesaian penelitian terakhir adalah dengan metode penugasan. Dengan fungsi tujuan minimasi biaya transportasi didapatkan hasil PP Ciwandan menggunakan KM. Joceline, PP Banyuwangi menggunakan KM. Tangkas dan PP Tanjung Priok menggunakan KM. Yurico, sedangkan KM. Oceanic Joy dan KM. Cerdas yaitu *dummy.*

Implikasi Manajerial

Logistik yang secara umum membahas isu penyimpanan dan transportasi, memegang peranan untuk menentukan daya saing perusahaan terutama dari dimensi nilai dan biaya. Sehingga untuk tetap dapat bertahan di pasar maka perusahaan harus dapat melakukan penghematan dengan melakukan rekayasa untuk mengurangi biaya. PT Semen Indonesia adalah perusahaan penyedia semen yang selalu berupaya memenuhi permintaan konsumen dengan tepat jumlah, tepat waktu dan tepat kualitas. Seiring dengan tujuan tersebut PT Semen Indonesia melakukan pengiriman semen curah melalui jalur laut ke berbagai daerah di Indonesia. Dengan menggunakan metode transportasi dan penugasan yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh strategi pengalokasian kapal untuk pendistribusian semen ke berbagai daerah dengan biaya minimal.

5. Kesimpulan

Dari hasil pengolahan data dapat disimpulkan bahwa permintaan semen curah untuk periode mendatang berdasarkan hasil perhitungan peramalan diperoleh hasil yaitu, PP Ciwandan sebesar 8.183 ton, PP Tanjung Priok sebesar 8.281 ton, dan PP Banyuwangi sebesar 4.766 ton. Hasil perhitungan algoritma transportasi dengan menggunakan metode NWC, didapatkan estimasi total biaya transportasi sebesar Rp1.691.499.365,-. Kemudian dilakukan optimasi dengan MODI diperoleh total biaya transportasi sebesar Rp1.402.580.592.-. Hasil penugasan untuk pengalokasian kapal dengan pertimbangan minimasi biaya didapatkan: PP Ciwandan menggunakan KM. Joceline, PP Banyuwangi menggunakan KM. Tangkas dan PP Tanjung Priok menggunakan KM. Yurico. Dengan begitu, terjadi penghematan sebesar 12,33%.

Referensi

[1] B. Adriano and S. Sriyanto, "Algoritma Transportasi untuk Optimalisasi Pendistribusian Semen Bulk melalui Kapal pada PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk," *Industrial Engineering Online Journal*, vol. 5, no. 2, 2016.

[2] A. Amri, T. Trisna, and E. N. Harahap, "Perencanaan Pengendalian Produksi Air Minum Dalam Kemasan Menggunakan Metode Aggregate Planning," *MIEJ*, vol. 1, no. 1, 2017.

[3] R. Putranto and R. Hendayani, "Distribution route optimization by utilizing saving matrix: case study in Limas Raga Inti Bandung," 2014.

[4] A. S. Ramadhani, "ANALISA PERBANDINGAN LEAST COST METHOD DAN VOGELL'S APROXIMATIONMETHOD UNTUK OPTIMASI TRANSPORTASI PENGIRIMAN BARANG," *Informasi dan Teknologi Ilmiah (INTI)*, vol. 4, no. 3, 2017.

[5] R. Rachman, "Penerapan Metode Moving Average Dan Exponential Smoothing Pada Peramalan Produksi Industri Garment," *Jurnal Informatika*, vol. 5, no. 2, pp. 211-220, 2018.

[6] A. Nurlifa and S. Kusumadewi, "Sistem Peramalan Jumlah Penjualan Menggunakan Metode Moving Average Pada Rumah Jilbab Zaky," *INOVTEK Polbeng-Seri Informatika*, vol. 2, no. 1, pp. 18-25, 2017.

[7] W. Warsino, "Metode Peramalan Permintaan Jasa Penerjemahan Bahasa Asing Dengan Algorithma Linear Regression, Menggunakan Rapidminer. Studi Kasus: Azzam Translator Bekasi," *Santika: Jurnal Ilmiah Sains dan Teknologi*, vol. 7, no. 2, pp. 621-628, 2017.

[8] W. I. Rahayu, N. Riza, and N. Ramadhan, "Aplikasi Estiquent Untuk Estimasi Biaya Transportasi Logistik Di PT. Sukarasa Menggunakan Algoritma North West Corner," *Jurnal Teknik Informatika*, vol. 11, no. 1, pp. 7-11, 2019.

[9] M. R. L. R. Harahap, "IMPLEMENTASI METODE NWC DAN MODI DALAM PENGOPTIMALAN BIAYA PENDISTRIBUSIAN PUPUK (STUDI KASUS: PT. PERKEBUNAN RIMBA AYU)," *Informasi dan Teknologi Ilmiah (INTI)*, vol. 4, no. 3, 2017.

[10] Y. P. S. Hutagaol, "Minimasi Biaya Transportasi Beras Miskin (Raskin) dengan Menggunakan Metode Peugasan pada Perum Bulog Kilang Jampalan," *JURTEKSI (Jurnal Teknologi dan Sistem Informasi)*, vol. 5, no. 1, pp. 23-28, 2018.