

**[TI-01] MODEL SIMULASI
PERENCANAAN PENGIRIMAN
BAHAN BAKU TEPUNG TERIGU
UNTUK MENINGKATKAN SERVICE
LEVEL**

Lery Alfriany Salo^{1*}

Universitas Kristen Indonesia Toraja

*E-mail : lery_salo@yahoo.com

ABSTRAK

Ketersediaan produk di pasaran dan biaya logistik adalah masalah utama dalam industri komoditas bernilai rendah seperti tepung terigu. Ketersediaan produk dan biaya logistik dipengaruhi oleh perencanaan pengiriman dan kapasitas penyimpanan. Tujuan dari penelitian ini adalah menemukan cara alternatif untuk meningkatkan *service level*. Penelitian ini mengembangkan model simulasi pengiriman material tepung terigu dengan menggunakan kapal di salah satu perusahaan makanan dengan bahan baku tepung terigu di Indonesia. Sistem ini terdiri dari gudang tepung di pabrik, pelabuhan pemasok dan pelabuhan *demand*. Adapun faktor-faktor yang dianalisa yaitu kapasitas kapal, jam operasional pelabuhan, dan *reorder point*. Setiap faktor dievaluasi dampaknya terhadap *service level*. Berdasarkan hasil simulasi, faktor kedua memiliki dampak paling besar pada total biaya dan *service level*. Penelitian ini memberikan rekomendasi penting bagi perusahaan serta wawasan untuk logistik maritim secara umum. Biaya adalah faktor kompetitif yang sangat penting untuk material curah seperti tepung terigu, dan dengan demikian skenario yang diusulkan dapat diimplementasikan oleh perusahaan untuk pengurangan biaya pengiriman dan peningkatan *service level*.

Kata kunci : Simulasi, perencanaan pengiriman, kapasitas penyimpanan.

ABSTRACT

Product availability at the market and logistic cost are major issue in low value commodity industries such as wheat flour. Product availability and logistic cost affected by shipment planning and storage capacity. In

this paper the effect of various factors on total costs and service level of a distribution system are investigated. The objective of this paper is to find alternative ways to reduce the logistic cost while still maintaining an acceptable service level. This research develops a simulation model of wheat flour transportation and distribution using ships in a large food company. The system consists of wheat flour storage at the plant, depot and plant. Several scenarios are developed, each factors are evaluated in terms of shipment costs and service level. Based on the simulation result, factor 2 appear to have the most substantial impacts on both total costs and service level. This paper brings an important recommendation to the company as well as insight for maritime logistics in general. Cost is a very important competitive factor for bulk items like wheat flour, and thus the proposed scenarios could be implemented by the company for increase the service level and decrease the distribution cost.

Keywords: simulation, shipment planning, storage capacity

I. PENDAHULUAN

Minimasi biaya logistik merupakan isu utama dalam banyak industri terutama industri yang memiliki bahan baku atau produk komoditas rendah seperti tepung, minyak, semen, pupuk, gandum. Industri tersebut memiliki biaya logistik dengan persentase yang besar dari total harga pokok penjualan [1]. Selain minimasi biaya logistik, isu penting lainnya adalah memastikan produk selalu tersedia di pasaran agar pelanggan tidak beralih pada produk lain. *Stock out* menyebabkan ketidakpuasan pelanggan dan untuk jangka waktu yang panjang dapat mengakibatkan perusahaan mengalami kerugian karena kehilangan pangsa pasar [2].

Ada *trade-off* antara ketersediaan produk dengan biaya transportasi terutama untuk bahan baku bernilai rendah dengan jumlah besar, yang mana distribusi

dilakukan melalui jalur maritim [3]. Pengiriman dengan jalur laut membutuhkan biaya yang rendah dibanding jalur yang lain, tetapi di sisi lain memiliki visibilitas yang rendah dan ketidakpastian yang tinggi dalam penjadwalan [4].

Penelitian ini bertujuan untuk membangun model simulasi yang mengintegrasikan perencanaan pengiriman dan kapasitas penyimpanan di bawah ketidakpastian yang akan mengarah pada keseimbangan antara biaya dan ketersediaan produk, yang merupakan permasalahan kritis pada logistik maritim dalam jumlah pengiriman yang besar. Metode simulasi dipilih dalam penelitian ini karena model simulasi mampu mengevaluasi *trade off* antara *service level* dan biaya transportasi [5].

Pendekatan simulasi tepat digunakan pada penelitian ini karena masalah pada penelitian ini tergolong operasional yang menyangkut *day to day activity* pada proses bisnis *order fulfillment* dan berdampak pada keputusan operasional. Prosesnya berulang sehingga memungkinkan memperoleh data dan adanya kesempatan untuk memperbaiki performansi sistem pada kejadian mendatang.

Kompleksitas pada penelitian ini dilihat dari variabilitas keberagaman waktu proses dan ketidakpastian pada kejadian-kejadian tertentu, misalnya proses loading dan unloading, dan waktu tempuh kapal yang dipengaruhi oleh banyak faktor antara lain cuaca/musim, gelombang laut, berat muatan dan kemungkinan adanya perompak.

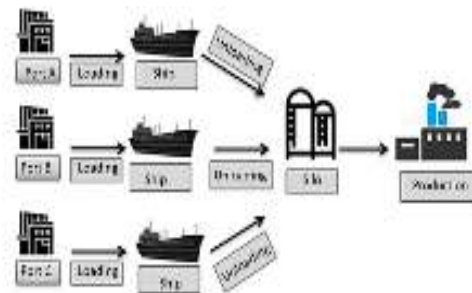
Kompleksitas meningkat dengan adanya interdependensi antar proses yang berurutan atau kejadian yang mempengaruhi proses selanjutnya. Misalnya jika terjadi *downtime* akan ada penurunan level inventory, hal ini

mempengaruhi jumlah produk yang akan dikirimkan. Selain itu cuaca buruk mengakibatkan proses unloading menjadi lama. Objek dalam penelitian ini sendiri tercatat mengalami *demurrage* sebanyak dua kali karena proses *unloading* lama dan banyaknya antrian kapal.

II. METODOLOGI PENELITIAN

2.1. Gambaran Sistem

Objek dalam penelitian ini adalah salah satu perusahaan makanan di Indonesia yang memiliki bahan baku tepung terigu dengan pangsa pasar 55% di Indonesia. Tepung terigu merupakan salah satu pilihan utama sebagai substitusi atau pengganti beras dan selama ini telah menempati posisi yang cukup strategis dalam upaya menunjang diversifikasi pangan Indonesia. Ilustrasi yang menggambarkan alur pengiriman tepung dari pelabuhan awal sampai ke produksi dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Sistem Distribusi Saat Ini

Tepung terigu merupakan bahan baku makanan yang bersifat *low value* dan *high volume* dan didistribusikan dalam bulk dengan kapal yang memiliki biaya sewa yang tinggi. Material didistribusikan dari pelabuhan beberapa negara seperti Rusia, Australia, India dan Kanada menuju pelabuhan pabrik di Indonesia. Setelah tiba, material yang disimpan di dalam palka kapal diangkut dengan alat penghisap sehingga memungkinkan pembongkaran

secara langsung ke dalam silo dengan *unloading rate* 500 ton per jam. Dari silo material akan dialirkan ke bagian produksi disesuaikan dengan permintaan dari pihak produksi, dimana demand harian bersifat stokastik.

Tabel 1. Service Level Saat ini

Bulan	Permintaan	Permintaan Terpenuhi	Service Level
1	75,845	74,500	98.23%
2	90,929	90,929	100.00%
3	74,502	74,502	100.00%
4	71,855	71,855	100.00%
5	78,196	63,500	81.21%
6	77,144	65,200	84.52%
7	91,592	55,000	60.05%
8	82,300	36,750	44.65%
9	79,374	55,290	69.66%
10	67,761	64,500	95.19%
11	61,166	40,779	66.67%
12	82,321	33,500	40.69%
		Rata-rata	78.41%

Data *service level* dari obek penelitian selama satu tahun dapat dilihat pada Tabel 1. Perusahaan menetapkan target *service level* sebesar 90% setiap bulan. Perhitungan *service level* menggunakan rumus berikut.

$$Service\ level = 1 - \left(\frac{Jumlah\ stockout}{total\ order} \right) \quad (1)$$

Dari data pada tabel 1 dapat dilihat bahwa bulan pertama sampai bulan ke 4 *service level* masih mencapai target perusahaan. Akan tetapi mengalami penurunan pada bulan ke 5 dan kembali naik pada bulan ke 10, lalu turun lagi pada bulan ke 11 dan 12.

Dari data historis perusahaan diketahui bahwa penurunan *service level* ini dikarenakan adanya keterlambatan kapal yang menyebabkan stok material tepung kurang dan tidak bisa memenuhi kebutuhan

produksi. Keterlambatan kapal terjadi pada bulan Mei sampai Desember sesuai dengan data penurunan *service level*.

Penelitian ini akan membangun model simulasi dan mengevaluasi beberapa kombinasi dari jumlah kapasitas kapal, *reorder point*, jam kerja pelabuhan yang terkait dengan *service level*. *Service level* yang dimaksud disini adalah persentase pemenuhan atau permintaan material tepung dari Produksi.

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan dasar kebijakan bagi perusahaan industri tepung untuk meminimalkan biaya distribusi dan meningkatkan *service level*.

2.2. Metodologi Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah simulasi. Model simulasi dipilih dibandingkan model heuristik karena dengan simulasi, sistem yang bersifat tidak pasti, integrasi keputusan pada distribusi dan kapasitas penyimpanan bisa diperiksa dan seberapa efektif bisa meningkatkan kinerja sistem sehingga distribusi lebih efisien. Untuk itu dibutuhkan validasi dan verifikasi model. Selain itu, metode ini dipilih karena mampu mengevaluasi *trade-off* antara biaya transportasi dan *service level* [6]. Ada beberapa langkah yang dilakukan dalam penelitian ini.

2.2.1. Pengumpulan dan Pemrosesan Data

Pengumpulan data dilakukan untuk mendapatkan gambaran dari kondisi yang sebenarnya. Data dikumpulkan selama satu tahun dari departemen PPIC, Produksi dan Disitribusi dari perusahaan.

2.2.2. Pembuatan Model

Model konseptual ditampilkan dalam bentuk bagan siklus aktifitas dan bagan alur logika untuk setiap skenario. Setelah model konseptual dibuat, tahap selanjutnya adalah membuat model simulasi diskrit

dengan menggunakan software ARENA. Model simulasi yang dibuat harus mampu merepresentasikan kondisi sistem yang sebenarnya.

2.2.3. Replikasi

Penentuan jumlah replikasi dilakukan untuk mendapatkan hasil simulasi yang akurat karena parameter yang digunakan pada metode simulasi bersifat stokastik dan sifat dari simulasi sendiri. Untuk menghitung jumlah replikasi yang dibutuhkan dimulai dengan mencoba replikasi awal dan menghitung interval estimasi nilai rata-rata populasi atau half-width dari sample replikasi yang telah dicoba [7]. Jumlah replikasi ini akan digunakan untuk menganalisa output model simulasi eksisting dan skenario.

2.2.4. Verifikasi dan Validasi Model

Verifikasi dilakukan dalam dua tahap. Tahap pertama adalah *debugging* yaitu memastikan tidak ada kesalahan pada saat model simulasi berjalan. Tahap kedua adalah memastikan logika simulasi logis dan sesuai dengan aliran logika yang telah dibuat di awal [8].

Validasi dilakukan dengan membandingkan output simulasi dengan sistem nyata dengan cara uji statistik. Proses ini membandingkan waktu siklus, *service level*, dan biaya logistik. Uji hipotesis menggunakan *t-test distribution* untuk menguji apakah hasil simulasi secara signifikan berbeda dengan data asli. Jika hasil simulasi tidak berbeda secara signifikan dari data asli, maka model simulasi dinyatakan valid.

2.2.5. Eksperimen Model dan Uji ANOVA

Setelah melakukan validasi dan verifikasi model simulasi, maka dibuat beberapa skenario perbaikan menggunakan desain *full factorial*. Perhitungan *half-width* dan n' menggunakan rumus berikut [9].

$$hw = e = \frac{t_{n-1,1-\frac{\alpha}{2}} \times \sqrt{\frac{std^2}{n}}}{|\bar{x}|} \quad (2)$$

Dimana

t = nilai t diperoleh dari tabel distribusi t

α = tingkat error

n = jumlah replikasi

std = standar deviasi populasi

$|\bar{x}|$ = nilai rata-rata

$$n' = \left\lceil \frac{z_{\frac{\alpha}{2}} \times std}{\left(\frac{\gamma}{1+\gamma}\right) \bar{x}} \right\rceil^2 \quad (3)$$

Uji ANOVA dilakukan untuk mengetahui faktor atau kombinasi mana yang secara signifikan berpengaruh terhadap hasil pengukuran.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Analisa Kondisi Eksisting

Pada sistem distribusi perusahaan saat ini, jumlah kapal yang digunakan dalam sistem distribusi adalah 10 kapal dengan kapasitas muat yang beragam. Kapal mendistribusikan material dari tiga pelabuhan supply menuju satu pelabuhan demand dengan sistem dedicated. Setiap kapal hanya membawa satu jenis material tertentu. Enam kapal yang membawa material 1 berasal dari pelabuhan supplier 1, 2 kapal yang membawa material 2 berasal dari Port supply 2, dan 2 kapal yang membawa material 3 berasal dari Port supply 3. Pada kondisi eksisting, kapal berangkat saat kapal sudah tersedia di depot. Hal ini dikarenakan skema penyewaan kapal yang digunakan oleh perusahaan adalah skema time charter sehingga utilitas kapal harus dimaksimalkan, karena apabila utilitas kapal sedikit akan menimbulkan kerugian bagi perusahaan.

Dari data kondisi eksisting yang dikumpulkan selama satu tahun, diperoleh *service level* sebesar 78.4%. Pada tabel 1 bisa dilihat bahwa *service level* mengalami

penurunan pada bulan ke 5 dan kembali naik pada bulan ke 10, lalu turun lagi pada bulan ke 11 dan 12. Dari data histori perusahaan diketahui bahwa penurunan *service level* ini dikarenakan adanya keterlambatan kapal sehingga stok material kurang dan tidak bisa memenuhi permintaan dari produksi.

3.2. Eksperimen

Eksperimen faktor dilakukan pada model simulasi yang telah dibuat yang terdiri dari tiga faktor dasar dan kombinasi faktor. Adapun faktor yang dilakukan dalam penelitian ini yaitu :

1. Faktor 1 : *Operating Hour Port*. Saat ini pelabuhan *port supply* dapat melayani kapal mulai dari jam 7 pagi sampai jam 5 sore. Dalam faktor ini dilakukan perpanjangan jam kerja pelabuhan menjadi 24 jam dengan tujuan mengurangi waktu tunggu kapal.
2. Faktor 2 : *Reorder Point*. Pada kondisi eksisting, kapal akan berangkat kapanpun kapal siap di depot. Namun pada faktor ini, kapal hanya akan berangkat apabila stok tepung terigu berada pada titik reorder point.
3. Faktor 3 : Menambah kapasitas kapal. Penambahan kapasitas secara signifikan akan berpengaruh terhadap kenaikan *service level* karena jumlah tepung terigu yang datang akan lebih banyak sehingga diharapkan permintaan dari produksi akan terpenuhi.

Desain eksperimen untuk kombinasi faktor dihitung dengan menggunakan *full factorial* dengan hasil sebagai berikut.

1. Faktor 1 : *Operating Hour Port*
 Level 1 : eksisting (12 jam kerja)
 Level 2 : 24 jam kerja
2. Faktor 2 : *Reorder Point*
 Level 1 : eksisting
 Level 2 : pengaplikasian ROP
3. Faktor 3 : Penambahan Kapasitas kapal
 Level 1 : eksisting (kapasitas kapal

146.000 mt)

Level 2 : kapasitas kapal 162.000 mt

Level 3 : kapasitas kapal 195.000 mt

3.3. Hasil Simulasi

3.3.1. Hasil Simulasi Faktor

Hasil perhitungan *service level* pada setiap faktor bisa dilihat pada tabel 2. Sementara perubahan *service level* untuk setiap faktor dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 2. Hasil *Service Level* dari setiap faktor

Bulan	<i>Service Level</i>			
	Faktor 1	Faktor 2	Faktor 3 level 2	Faktor 3 Level 3
1	93.78%	93.78%	94.25%	93.78%
2	96.66%	96.77%	95.89%	98.67%
3	90.52%	93.99%	84.73%	94.53%
4	91.09%	93.69%	85.91%	97.65%
5	81.38%	91.83%	86.77%	88.35%
6	74.16%	89.21%	86.39%	81.41%
7	77.15%	86.93%	79.82%	87.26%
8	70.72%	89.39%	89.19%	80.22%
9	74.88%	84.67%	76.99%	82.97%
10	72.45%	90.78%	77.34%	79.64%
11	72.37%	94.21%	75.15%	82.45%
12	78.13%	96.10%	78.65%	89.29%
Total	81.18%	91.77%	84.52%	88.02%

Tabel 3. Perubahan *Service Level* Dari Semua Faktor

Faktor	<i>Service level</i>		Perubahan
	Faktor	Eksisting	
1	81.18%	78.41%	2.77%
2	91.77 %	78.41%	13.36%
3 (level 2)	84.52%	78.41%	6.11%.
3 (level 3)	88.02%	78.41%	9.61%

Dari tabel 3 dapat terlihat bahwa seluruh faktor yang diterapkan mampu meningkatkan *service level*. Faktor

dengan peningkatan *service level* tertinggi adalah faktor 2 yaitu penerapan *reorder point* mampu menaikkan *service level* sebanyak 13.36%, yang kedua adalah faktor 3 (level 3) yaitu penambahan kapasitas kapal mampu menaikkan *service level* sebanyak 9.61%. Yang ketiga adalah faktor 3 (level 3) mampu menaikkan *service level* sebanyak 6.11%. Keempat adalah faktor 1 penambahan *operating hour port*, mampu menaikkan *service level* sebesar 2.77%.

3.3.2. Kombinasi Faktor

Setelah semua simulasi faktor dasar dilakukan, selanjutnya dilakukan kombinasi dari beberapa faktor yang menghasilkan 12 skenario. *Service level* dari kombinasi faktor dapat dilihat pada tabel 4 di bawah ini.

Tabel 4. Hasil Kombinasi Faktor (F)

S	F 1	F 2	F 3	Service level
1	1	1	1	81.13%
2	1	1	2	84.52%
3	1	1	3	88.02%
4	1	2	1	91.77%
5	1	2	2	88.58%
6	1	2	3	86.90%
7	2	1	1	81.18%
8	2	1	2	85.55%
9	2	1	3	77.50%
10	2	2	1	92.36%
11	2	2	2	88.68%
12	2	2	3	86.00%

Pada tabel 4, S menunjukkan skenario dan F menunjukkan Faktor. Dapat diketahui bahwa *service level*

tertinggi diperoleh dari kombinasi faktor nomor 10 yaitu penambahan jam operasi pelabuhan menjadi 24 jam, pengaplikasian ROP dan kapasitas kapal sebesar 146.000 mt mampu meningkatkan *service level* sebesar 13.95% dari *service level* eksisting.

3.4. Hasil Uji ANOVA

Skenario terbaik dipilih dari eksperimen yang telah dilakukan terhadap *performance measurement* atau parameter yang telah ditentukan. Namun sebelum itu akan dilakukan perbandingan faktor-faktor yang ada dengan menggunakan metode One-Way ANOVA. menguji hipotesis nol bahwa sampel dalam kelompok yang berbeda tersebut diambil dari populasi yang sama. Pada penelitian ini uji anova dilakukan untuk membandingkan rata-rata *service level* pada setiap hasil simulasi dari skenario yang ada.

Apabila hipotesis 0 ditolak, maka tes post hoc digunakan untuk mendapatkan gambaran yang benar mengenai kelompok mana yang berbeda signifikan [10]. Pengambilan keputusan dilihat berdasarkan nilai *p-value* atau nilai sig.

Pada output SPSS. Apabila nilai sig. < taraf kesalahan (α) yaitu 0.05 maka H_0 ditolak dan sebaliknya apabila nilai sig. > taraf kesalahan (α) yaitu 0.05 maka H_0 diterima.

Tabel 5. Uji ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	2583.640	11	234.876	4.205	0.000
Within Groups	7372.693	132	55.854		
Total	9956.333	143			

Dari hasil uji ANOVA pada tabel 5

ditemukan bahwa nilai *p-value* yang dihasilkan adalah lebih kecil dari 0.05, sehingga H_0 ditolak yang berarti bahwa terdapat minimal 1 *service level* yang berbeda.

IV. KESIMPULAN

Penelitian ini mengembangkan rancangan model dengan mengevaluasi tiga skenario yang mampu meningkatkan *service level* yaitu jam operasi pelabuhan, penetapan *reorder point*, dan penambahan kapasitas kapal. Sistem eksisting bisa diperbaiki dan ditingkatkan dengan mengimplementasikan kombinasi dari beberapa skenario.

Skenario yang paling berpengaruh terhadap *service level* adalah skenario 2 yaitu *reorder point*, mampu meningkatkan *service level* sebanyak 13.36%, yang kedua adalah skenario 3 (level 3) yaitu penambahan kapasitas kapal mampu menaikkan *service level* sebanyak 9.61%. Yang ketiga adalah skenario 3 (level 2) mampu menaikkan *service level* sebanyak 6.11%. Keempat adalah skenario 1 penambahan *operating hour port*, mampu menaikkan *service level* sebesar 2.77%.

Kombinasi skenario yang paling berpengaruh terhadap *service level* adalah kombinasi skenario nomor 10 yaitu penambahan jam operasi pelabuhan menjadi 24 jam, pengaplikasian ROP dan kapasitas kapal sebesar 146.000 mt mampu meningkatkan *service level* sebesar 13.95%.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada seluruh civitas akademik di Universitas Kristen Indonesia Toraja khususnya jurusan Teknik Mesin karena berkat dukungan prodi yang baik sehingga penulisan ini dapat terselesaikan dengan baik.

REFERENSI

- [1] M. Christiansen, K. Fagerholt, B. Nygreen, and D. Ronen, "Ship routing and scheduling in the new millennium," *Eur. J. Oper. Res.*, vol. 228, no. 3, pp. 467–483, 2013.
- [2] M. Christiansen, K. Fagerholt, T. Flatberg, Ø. Haugen, O. Kloster, and E. H. Lund, "Maritime inventory routing with multiple products : A case study from the cement industry," *Eur. J. Oper. Res.*, vol. 208, no. 1, pp. 86–94, 2011.
- [3] L. A. Salo and I. Vanany, "A simulation model of shipment planning and storage capacity for wheat material," 2021.
- [4] E. Engebretsen, "PT US CR," 2018.
<https://doi.org/10.1016/j.ejor.2018.11.067>
- [5] A. J. Schmitt, "QUANTIFYING SUPPLY CHAIN DISRUPTION RISK USING MONTE CARLO AND DISCRETE-EVENT SIMULATION," pp. 1237–1248, 2009.
- [6] Lery A Salo and I Vanany 2021 IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 1034 012119
- [7] Law, A. M. & Kelton, W.D., 2000. *Simulation Modelling and Analysis*. 3rd ed. New York:McGraw-Hill.montgomery
- [8] Nyoman Pujawan, Mansur Maturidi, Arief Benny Tjahjono, Duangpun Kritchanhai, (2015), "An integrated shipment planning and storage capacity decision under uncertainty: a simulation study", *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, Vol. 45 Iss 9/10 pp. Permanent link to this document:
<http://dx.doi.org/10.1108/IJPDLM->

[08-2014-0198](#)

- [9] Siswanto Nurhadi, Latiffianti E., Wiratno, Stefanus E., (2018), Simulasi Sistem Diskrit, 1st edition, ITS Tekno Sains, Surabaya.
- [10] Verma J. P., (2012), Statistics and Research Methods in Psychology with Excel, Springer Nature Pte Ltd., Singapore.