

Perencanaan Produksi Makanan Laut Dengan Pertimbangan Permintaan dan Kapasitas

Hirman Rachman^{1,2}, Herman Mawengkang¹

^{1,2}. Pascasarjana Matematika, Universitas Sumatera Utara, Indonesia

². Jurusan Matematika, Universitas Sulawesi Barat, Indonesia

e-mail: ²hirman@unsulbar.ac.id

Abstrak. Laut menyimpan banyak harta yang sangat penting bagi kehidupan dan salah satunya adalah potensi perikanan yang merupakan bahan pokok manusia. Indonesia sebagai negara maritime yang luas perairannya adalah 2/3 dari luas wilayah teritorinya sebagian besar masyarakatnya yang tinggal didaerah pesisir telah memanfaatkan keadaan ini dengan mengadakan kegiatan pengelolaan perikanan. Namun dalam prosesnya masih sangat perlu dukungan teknologi untuk mengoptimalkan hasil. Penelitian ini akan meninjau proses perencanaan produksi hasil olahan laut dalam ketidakpastian permintaan. Dalam penelitian ini akan mengkonstruksi model untuk meminimumkan biaya produksi dengan mempertimbangan ketidakpastian permintaan. Model akan dikomputasi dengan metode *Mixed Integer Linear Program* (MILP) untuk memberikan keputusan produk olahan yang diproduksi beserta jumlah produksinya.

Kata kunci: Perencanaan produksi, optimalisasi, *Mixed Integer Linear Programming*

Abstract. The sea holds many resources that are very important for life, and one of them is the potential of fisheries, which is a basic human need. Indonesia, as a maritime country whose waters cover 2/3 of its territory, most of its people who live in coastal areas have utilized this condition by conducting fisheries management activities. However, the process still needs technical support to optimize the results. This research will review the production planning process of processed marine products under demand uncertainty. This research will construct a model to minimize production costs by considering demand uncertainty. The model will be computed using *Mixed Integer Linear Program* (MILP) method to provide the decision of processed products produced and the amount of production.

Keywords: Production planning, optimization, *Mixed Integer Linear Programming*

I. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara kepulauan terbesar didunia dan menjadi salah satu negara terbesar dengan luas laut terluas di dunia dengan panjang garis pantai negara Indonesia mencapai 108.000 Km persegi dan luas wilayah laut 6,4 juta km persegi [24]. Potensi tersebut menempatkan Indonesia sebagai negara yang dengan sumber daya kelautan yang besar termasuk kekayaan keanekaragaman hayati dan non hayati kelautan terbesar di dunia.

Industri perikanan Indonesia dapat ditemukan di daerah pesisir. Berbagai jenis olahan ikan dapat dihasilkan tergantung dari daerahnya, dan pengelolaan industri perikanan masih didominasi oleh usaha kecil lokal yang masih menggunakan strategi pengelolaan konvensional. Sumberdaya ikan memiliki potensi untuk menjadi komoditas andalan, dan diperlukan perencanaan dan pengelolaan yang tepat. Optimalisasi telah menjadi proses teknologi yang penting dari suatu jaringan yang terhubung antar unit lembaga yang beroperasi dari pemasok sampai ke masyarakat.

Perencanaan kegiatan perusahaan pengolahan ikan dilakukan terhadap ketidakpastian yang cukup besar.

Banyak variabel perencanaan yang tidak pasti, termasuk tingkat panen, pasokan ikan, kualitas, dan pola permintaan [22]. Berbagai aktivitas dan proses dilakukan oleh perusahaan manufaktur untuk mengubah bahan baku menjadi barang jadi, yang kemudian didistribusikan ke pelanggan. Tujuannya adalah untuk mengurangi biaya untuk meningkatkan proses pengiriman sehingga produk tiba di tempat yang tepat, pada waktu yang tepat, dan dengan penawaran yang tepat [5]. Analisis operasional perikanan telah dikembangkan dan dibangun dengan bantuan optimasi selama beberapa dekade sekarang, di mana tujuan dari metode ini adalah untuk meningkatkan efisiensi dalam produksi yang mengarah pada pengurangan biaya dan pendapatan yang lebih besar, yang pada akhirnya meningkatkan keuntungan.

Berbagai penelitian yang berkaitan dengan perencanaan produksi dan distribusi hasil produksi telah banyak dilakukan. Timpe dan Kalirat (2000) menggunakan model MILP (*Mixed Integer Linier Programming*) yang mengintegrasikan produksi, distribusi dan pemasaran yang melibatkan material dan hasil penjualan [19]. Penelitian mereka bertujuan untuk melihat relevansi antara manajemen rantai pasokan dengan jaringan produksi multi-

site. Armtzen (1995) mengembangkan MILP untuk membuat model rantai pasokan global untuk menentukan jumlah produk pada pabrik, pelanggan (pusat distribusi), dan jumlah lokasi dari pusat distribusi [21]. Jolayemi dan Olorunniwo (2004) merumuskan model rantai pasokan dua tahap yang menentukan jumlah produk yang optimal untuk diproduksi pada setiap pabrik, kemudian diangkut dari setiap plant ke setiap pusat distribusi [15]. Terdapat kendala yang besar dan variabel biner akan mengakibatkan peningkatan yang cepat pada jumlah produk, pabrik, dan pusat distribusi. Pendekatan Taguchi-Immune hybrid yang diterapkan oleh Tiwari et al. (2010) untuk mengoptimalkan dan mengintegrasikan masalah desain rantai pasokan dengan beberapa pilihan pengiriman, distribusi permintaan pelanggan, dan lead time tetap [8]. You dan Grossman (2009) menggunakan model MILP dan strategi komputasi untuk masalah rantai pasokan multi-eselon dengan ketidakpastian persediaan [10]. Gajpal dan Nourelfath (2015) mempertimbangkan sistem produksi multi-periode yang mengintegrasikan distribusi produk dan produksi perencanaan [2]. Para peneliti tersebut menggunakan pendekatan heuristik tiga fase dan Tabu Search untuk menyelesaikan model terintegrasi. Kajian secara detail sistem produksi-distribusi yang terintegrasi telah disampaikan oleh [3], [4], dan [9].

Program optimasi deterministik bisa memberikan peringkat produk yang terlalu tinggi, karena program ini hanya mempertimbangkan satu hasil yang mungkin dari variabel inputnya, seperti harga dan kualitas bahan baku. Meskipun metode deterministik seperti linear programming (LP) dapat membantu memecahkan masalah yang lebih kecil dan lebih besar dalam situasi tertentu, namun kurangnya kemampuan mereka untuk menjelaskan kejadian acak seperti fluktuasi dan ketidakpastian pengadaan bahan baku membatasi keakuratannya. Ketidadaan ketidakpastian dalam model linear programming dapat mengurangi kesempatan untuk menghasilkan hasil yang akurat [20]. Masalah tidak mempertimbangkan ketidakpastian, dan dengan demikian risiko adalah kemungkinan melebihi manfaat atau meremehkan biaya proses.

Pendekatan stokastik, yaitu model optimasi dengan ketidakpastian, berkinerja lebih baik dalam mengevaluasi beberapa skenario daripada pendekatan deterministik. Metode ini dapat membantu dalam perencanaan produksi yang menghasilkan operasi yang lebih efisien dan pada akhirnya mengarah pada keuntungan yang lebih tinggi. Penerapan pemrograman stokastik untuk perencanaan produksi perikanan. Model stokastik terintegrasi mencakup ketidakpastian kuantitas ikan mentah dan nilai produk jadi dengan tetap mempertimbangkan kualitas ikan dan kelayakan umur simpan [1].

Model pemrograman linear bilangan bulat campuran (MILP) digunakan untuk memecahkan masalah ini. Mixed Integer Programming (MIP) adalah teknik yang paling sering digunakan untuk memecahkan masalah optimasi yang kompleks seperti menerapkan masalah di bawah ketidakpastian. Teknik ini mengeksplorasi diagram pohon terelaksasi dari model MIP asli, di mana pada setiap node solusinya dibagi menjadi dua terpisah dengan

memberlakukan variabel integer. [13]. MILP adalah program linier dimana beberapa variabel memerlukan nilai dalam bentuk integer yang biasanya terjadi secara alami dalam beberapa implementasi kasus optimasi. Variabel integer ini berasal dari sifat produksi, seperti jumlah barang dan keputusan biner. Pencarian lingkungan langsung dirancang untuk menyelesaikan model. Kami merujuk pembaca [7], [11], [12], [17], untuk memahami aplikasi pada model yang dikembangkan dalam banyak masalah

II. PERNYATAAN MASALAH

Masalah ini didorong oleh industri yang banyak dilakukan oleh masyarakat yang tinggal di daerah pesisir. Industri ini dikelola oleh suatu kelompok usaha nelayan. Industri ini berencana memproduksi beberapa jenis ikan olahan N dari beberapa unit L alat produksi. Produk ikan olahan yang sudah jadi didistribusikan ke pusat penjualan (pasar). Karena produk jadi bersifat mudah rusak, maka setiap unit pengelolaan dan distribusi harus memiliki gudang untuk menyimpan produk yang mudah rusak sehingga diperlukan penjadwalan penyimpanan selama produksi dan distribusi. Untuk memenuhi permintaan pasar, pabrik harus memproduksi N jenis produk olahan ikan dan menjadwalkan pendistribusiannya.

Beberapa pusat penjualan dicatat di sekitar wilayah tersebut untuk mendistribusikan hasil laut ini. Setiap pusat penjualan memiliki permintaan D_n dari n jenis produk ikan dan permintaan untuk produk diasumsikan diketahui. Persediaan dapat disimpan dengan kapasitas terbatas dengan biaya penyimpanan yang termuat dalam biaya distribusi sebesar Q_n^o . Notasi berikut digunakan untuk mendefinisikan deskripsi matematis dari model:

Indikasi dan set

- $n \in N$: jenis produk olahan ikan
- $l \in L$: set dari mesin
- $m \in M$: set dari bahan baku mentah

Variabel

- Q_n^i : Jumlah dari produk olahan $n \in N$ yang diproduksi.
 - $n = 1$ untuk ikan kering
 - $n = 2$ untuk ikan asin
 - $n = 3$ untuk ikan asap
 - $n = 4$ untuk ikan pindang
 - $n = 5$ untuk ikan abon
 - $n = 6$ untuk ikan tumpi-tumpi
- Q_n^o : Jumlah dari produk $\in N$ yang didistribusikan ke pusat penjualan.
- R_l : Jumlah mesin $l \in L$
- C_m : Kapasitas bahan baku $m \in M$
 - $m = 1$ untuk ikan tongkol
 - $m = 2$ untuk ikan cakalang
 - $m = 1$ untuk ikan layang
- D_n : Jumlah permintaan produk $n \in N$.

Parameter

- α_n : biaya yang diperlukan untuk memproduksi

- β_n : biaya yang diperlukan untuk distribusikan jenis produk $n \in N$.
- γ_l : biaya yang diperlukan untuk sewa mesin $l \in L$
- B_m : Jumlah kebutuhan bahan baku $m \in M$

Masalah bagi perusahaan ikan adalah untuk menjadwalkan produksi dan distribusi, sedemikian rupa sehingga akan meminimalkan total biaya yang terjadi dalam operasi produksi dan inventaris di setiap pabrik dan di setiap pusat distribusi. Keputusan yang akan dibuat adalah:

1. Jumlah produk makanan laut yang akan diproduksi
2. Jumlah produk makanan laut yang akan didistribusikan
3. Alat produksi yang mana akan diadakan untuk disewa

III. PERUMUSAN MODEL

Model masalah dapat diformulasikan sebagai program linear bilangan bulat campuran. Tujuan dari masalah ini adalah untuk meminimalkan total biaya, yang terdiri dari :

- Biaya produksi untuk setiap jenis produk olahan ikan

$$Cost_1 = \sum_{n=1}^N \alpha_n Q_p^i \quad (1)$$

- Biaya produksi untuk setiap jenis produk olahan ikan

$$Cost_2 = \sum_{n=1}^N \beta_n Q_p^o \quad (2)$$

- Biaya rental alat produksi untuk produk tertentu

$$Cost_3 = \sum_{l=1}^L \gamma_l R_l \quad (3)$$

Tujuan dari permasalahan ini adalah meminimalkan biaya yang ditimbulkan selama proses perencanaan produksi, sehingga fungsi objektifnya adalah meminimalkan jumlah total biaya dari (1), (2), dan (3) sehingga dapat ditulis sebagai:

minimalkan

$$\sum_{n=1}^N \alpha_n Q_p^i + \sum_{n=1}^N \beta_n Q_p^o + \sum_{l=1}^L \gamma_l R_l \quad (4)$$

Ada beberapa kendala yang harus dipenuhi:

$$\sum_{p=1}^P a^p Q_p^i \leq C^r \quad (5)$$

Kendala (5) menghadirkan jumlah sumber daya ikan tertentu $m \in M$ sebagai bahan baku yang dibutuhkan untuk menghasilkan produk makanan laut $n \in N$ harus kurang sama dengan kapasitas sumber daya ikan mentah tersebut.

$$Q_n^i + Q_n^o \geq D_n \quad (6)$$

Kendala (6) adalah memastikan bahwa jumlah produksi produk jadi $n \in N$ dan jumlah produk yang didistribusikan harus lebih besar atau sama dengan jumlah permintaan D_n .

$$Q_p^i \leq \text{maks produksi} \times R_l \quad (7)$$

Batasan (7) menyatakan bahwa jumlah produksi produk jadi $n \in N$ mesti lebih kecil atau sama dengan jumlah maksimum produksi pada suatu alat produksi $l \in L$. Variabel alat produksi R_l ini bersifat biner dengan nilainya 0 dan 1 yang bermakna bahwa keputusan adalah tidak atau sewa alat produksi tersebut.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Kami melakukan penelitian di lokasi dan menemukan bahwa kondisi rumah produksi tempat industri rumahan yang memproduksi enam produk olahan ikan dapat dideskripsikan dalam bentuk tabel. Tabel 1 sampai tabel 3 berisi data permasalahan dan kondisi sumber daya yang ada.

Tabel 1. Kapasitas sumber daya ikan mentah yang tersedia

Sumber daya	Tongkol	Cakalang	Layang
Kapasitas (kg)	200	250	400

Pada tabel satu didapatkan bahwa sumber daya ikan mentah sebagai bahan baku pembuatan dari 6 produk olahan ikan dengan kapasitas diukur dalam kilogram (kg)

Tabel 2. Biaya sewa untuk setiap alat produksi

Alat produksi	R1	R2	R3
Biaya Rental (juta)	15	10	7

Pada tabel 2 mendeskripsikan biaya sewa untuk setiap alat yang dibutuhkan untuk memproduksi produk olahan ikan.

Tabel 3. Formulasi sumber daya produk olahan ikan

Produk	Permintaan	Bea produksi	Bea distribusi	Penggunaan bahan mentah			Alat
				Tongkol	Cakalang	Layang	
Ikan kering	50	10.6	10.8	1.5	1.2	2.2	M1
Ikan asin	20	14.3	15.2	1.2	1.8	2.4	M2
Ikan asap	30	14.8	15.4	1.3	1.6	2.9	M3
Ikan pindang	45	15.3	16.4	1.5	1.5	1.6	M1
Ikan abon	25	14.9	12.7	1.3	2.2	2.9	M2
Ikan tumpi-tumpi	60	16.5	18.5	2.5	1.6	1.4	M3

Pada tabel 3 menyajikan formulasi tentang permintaan pasar atas setiap produk jadi, juga memberikan informasi

biaya yang dikeluarkan untuk proses produk dan pasca produksi dalam masalah ini adalah biaya distribusi. Pada

tabel 3 juga menunjukkan komposisi dari bahan baku ikan yang diperlukan untuk memproduksi suatu produk olahan ikan serta alat produksi yang diperlukan untuk proses produksi.

Dalam penelitian ini keputusan yang akan diambil berdasarkan pernyataan masalah akan diberikan pada tabel 4 dan tabel 5 berikut:

Tabel 4. Alat produksi yang akan dirental

Alat produksi	R1	R2	R3
Nilai Binari	0	0	1

Tabel 5. Hasil komputasi variabel keputusan

Produk olahan ikan	Variabel keputusan	
	Produksi	distribusi
Ikan kering	0	50
Ikan asin	0	20
Ikan asap	0	30
Ikan pindang	33.33	11.66
Ikan abon	0	25
Ikan tumpi-tumpi	60	0

Tabel 5 memberikan keputusan bahwa untuk model yang disajikan memberikan rekomendasi hanya memproduksi produk ikan pindang sebanyak 33.33 kg dan ikan tumpi-tumpi 60 kg sedangkan Tabel 4 memberikan pernyataan bahwa R3 adalah alat produksi yang diperlukan sebagai tambahan alat dalam menambah produksi ikan tumpi-tumpi.

Model yang disajikan dalam penelitian ini dikomputasi dengan menggunakan Optimization Programming Language (OPL) CPLEX yang berdasarkan pada bagaimana meminimumkan biaya dalam proses produksi dan distribusi. Dari hasil komputasi yang diberikan fungsi objektif persamaan (5) didapatkan nilai biaya minimum 3403,5 dalam satuan Juta

IV. KESIMPULAN

Dalam penelitian ini disajikan model perencanaan produk dan distribusi pada industri pengolahan hasil laut dengan pertimbangan permintaan dan kapasitas ketersediaan bahan baku ikan. Model dapat memberikan gambaran keputusan yang akan diambil berdasarkan biaya minimum yang terjadi pada proses produksi dan distribusi. Dalam penelitian ini diperoleh keputusan hanya memproduksi 2 produk makanan laut saja yaitu ikan pindang dan ikan tumpi-tumpi dengan penambahan alat produksi R3.

REFERENSI

[1] V. F. Yu, N. M. E. Normasari, and H. T. Loung. "Integrated location production planning in a multiproducts supply chain network design model".

Mathematical Problem in Engineering, vo. 2015, Article ID 473172, 2015, pp. 1-13

[2] Gajpal, Y. & Nourelfath, M. (2015). Two efficient heuristics to solve the integrated load distribution and production planning problem. *Reliability Engineering & System Safety*, 144, 204–214.

[3] Riemann, M. R., Neto, T., & Bogendorfer E., (2014) Joint optimization of production planning and vehicle routing problems: A review of existing strategies. *Pesquisa Operacional* 34(2): 189-214.

[4] Fahimnia, B., Farahani, R. Z., Marian, R. & Luong, L. (2013). A review and critique on integrated production-distribution planning models and techniques. *Journal of Manufacturing Systems*, 32(1), 1–19. <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2012.07.005>

[5] Y. Bouchery, A. Ghaffari, Z. Jemai, and Y. Dallery, "Including sustainability criteria into inventory models," *European Journal of Operations Research*, 222 (2012) 229-240.

[6] Mawengkang, H. Production planning of fish processed product under uncertainty. *ANZIAM J.* 51 (EMAC 2009) 2010: C715 - C733

[7] Zanjani, M. K., Nourelfath, M., & Ait-Kadi, D. (2010). A multi-stage stochastic programming approach for production planning with uncertainty in the quality of raw materials and demand. *International Journal of Production Research*, 48(16), 4701–4723.

[8] Tiwari, M. K., Raghavendra, N., Agrawal, S. & Goyal, S. K. (2010). A Hybrid Taguchi–Immune approach to optimize an integrated supply chain design problem with multiple shipping. *European Journal of Operational Research*, 203(1), 95–106.

[9] Chen, Z.-L. (2010). Integrated production and outbound distribution scheduling: review and extensions. *Operations Research*, 58(1), 130–148.

[10] F. You, I. E. Grossman, "Multi-echelon supply chain with inventory under uncertainty: MINLP models, computational strategies. *AICHE Journal*, Vol. 56, Issue 2, pp. 419-440, 2009

[11] Leung, S. C. H., Tsang, S. O. S., Ng, W. L., & Wu, Y. (2007). A robust optimization model for multi-site production planning problem in an uncertain environment. *European Journal of Operational Research*, 181(1), 224–238.

[12] Leung, S. C. H., Wu, Y., & Lai, K. K. (2006). A stochastic programming approach for multi-site aggregate production planning. *Journal of the Operational Research Society*, 57(2), 123–132.

[13] Danna, E., Rothberg, E., & Pape, C. le. (2005). Exploring relaxation induced neighborhoods to improve MIP solutions. *Mathematical Programming*, 102(1), 71–90.

[14] Z. L. Chen, G. I. Varaktarakis. "Integrated scheduling of production and distribution operations," *Management Science*, Vo. 51, no. 4, pp. 614-628, 2005.

[15] Jolayemi, J. K. & Olorunniwo, F. O. (2004). A deterministic model for planning production quantities in a multi-plant, multi-warehouse

- environment with extensible capacities. *International Journal of Production Economics*, 87(2), 99–113.
- [16] Lee, H. L. 2002. Aligning supply chain strategies with product uncertainties. *California Management Review* 44(3): 104-119.
- [17] Maness, T. C., & Norton, S. E. (2002). Multiple period combined optimization approach to forest production planning. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 17(5), 460–471.
- [18] Ferguson, B.R. 2000. Implementing supply chain management. *Production and Inventory Management Journal*. 3: 64-7.
- [19] Timpe, C. H. & Kallrath, J. (2000). Optimal planning in large multi-site production networks. *European Journal of Operational Research*, 126(2), 422–435.
- [20] Randhawa S U, Bjarnason E T. "A decision aid for coordinating fishing and fish processing", *European Journal of Operational Research*, 1995
- [21] Arntzen, B. C., Brown, G. G., Harrison, T. P. & Trafton, L. L. (1995). Global supply chain management at Digital Equipment Corporation. *Interfaces*, 25(1), 69–93.
- [22] P. Kall, S. Wallace (1994): *Stochastic Programming*. John Wiley and Sons, Chichester
- [23] H.H. Millar, E.A. Gunn Fisheries Research. "A two-stage procedure for planning marketing and fishing activities in fish-processing firms", 1992
- [24] Agus Dermawan, dkk., "Kelautan Dalam Angka 2019", Dirjen Pengelolahan Ruang Laut, Jakarta 2020