

ANALISIS SISTEM *COLD CHAIN* DENGAN STRATEGI DESENTRALISASI *COLD STORAGE* TERHADAP STABILITAS HARGA KOMODITAS IKAN KEMBUNG DI LAMONGAN JAWA TIMUR DENGAN PENDEKATAN SIMULASI SISTEM DINAMIS

Dian Mulyaningtyas^{1)✉}, Niniet Indah Arvitrida^{2)✉}, Adhitomo Wirawan^{3)✉}, Mia Syafrina^{4)✉}

Jurusan Manajemen Bisnis, Politeknik Negeri Batam
Program Studi Teknik Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Info Artikel

Diserahkan Juli 2020
Diterima September 2020
Diterbitkan September 2020

Kata Kunci:
Simulasi, cold chain, harga, Ketahanan pangan,

Abstrak

Indonesia sebagai negara dengan jumlah pulau terbanyak di dunia, maka potensi sektor kelautan dan perikanan Indonesia sangat signifikan dalam pertumbuhan perekonomian dan pemenuhan kebutuhan pangan nasional. Tingginya potensi perikanan laut ternyata tidak diikuti dengan stabilitas harga ikan. Harga ikan laut cenderung fluktuatif karena adanya ketidakpastian hasil tangkapan ikan dari nelayan. Penelitian ini bertujuan merancang model sistem cold chain dengan model desentralisasi cold storage yang bertujuan untuk menjaga stabilitas supply ikan ke pasar sehingga stabilitas harga ikan menjadi lebih baik. Penelitian ini menggunakan pendekatan sistem dinamis untuk rancangan system desentralisasi cold storage dengan di hulu dan hilir yaitu di Kota Surabaya, Malang dan Jombang Jawa Timur. Berbagai kondisi kenaikan supply, kenaikan demand serta kapasitas cold storage menjadi parameter untuk disimulasikan. Hasil penelitian ini menunjukkan sistem cold chain yang dibangun dalam model ini mampu mengurangi variansi rata-rata harga ikan secara signifikan apabila diikuti dengan kenaikan pasokan.

© 2020 Indonesia

✉ Alamat Korespondensi:
Tower A Jurusan Manajemen Bisnis
Politeknik Negeri Batam
E-mail: dian@polibatam.ac.id, arvitrida@gmail.com,
adhitomo@polibatam.ac.id, miasvafrina@polibatam.ac.id

e-ISSN 2548-9909

1. Pendahuluan

Cold chain atau rantai dingin adalah jenis sistem *supply chain* dengan temperatur rendah bertujuan mempertahankan suhu produk *perishable* agar kualitas produk tetap terjaga dari hulu sampai ke hilir/*end-customer* (Zhao et al., 2018). *Cold chain* terdiri dari *cold storage* (gudang berpendingin) dan moda transportasi berpendingin yang menghubungkan antar satu *cold storage* ke *cold storage* selanjutnya. Sistem *cold chain* di Indonesia, diinisiasi oleh pemerintah dalam hal ini Kementerian Kelautan dan Perikanan (KKP) dengan menyusun skema sistem *cold chain* dalam logistik ikan nasional.

Berbagai jurnal ilmiah mengenai *cold chain* telah banyak dibahas dari beberapa perspektif. Penelitian mengenai *cold chain* berawal dari munculnya kebutuhan *cold chain* untuk penyimpanan dan pendistribusian vaksin Polio (Halm et al., 2010), serta yang dilakukan oleh (Kartoğlu et al., 2010) mengenai meningkatkan sistem monitoring suhu pada *cold chain* vaksin, dan inovasi peningkatan peralatan *cold chain* untuk fasilitas imunisasi (Robertson et al., 2017).

Indonesia sebagai negara kepulauan dengan luas lautan dan pesisir pantai hingga 2/3 dibanding luas daratan, sehingga potensi sektor kelautan dan perikanan sangat signifikan dalam pertumbuhan perekonomian dan pemenuhan kebutuhan pangan bagi Indonesia (KKP (Kementerian Kelautan dan Perikanan), 2014). Berdasarkan data (KKP (Kementerian Kelautan dan Perikanan), 2019) hasil tangkapan ikan di laut Indonesia meningkat signifikan hingga mencapai 6.7 juta ton pada tahun 2018.

Lamongan sebagai salah satu daerah penghasil perikanan tangkap di Indonesia. Lokasi geografis yang berbatasan dengan Laut Jawa, dengan luas wilayah daratan 1.812.8 km, garis pantai sepanjang 47 km dan luas wilayah perairan laut 902.4 km persegi. Potensi perikanan laut tangkap mencapai 75ribu ton/tahun yang mampu mensuplai 18.7% kebutuhan ikan di Jawa Timur dan menjadi pemasok perikanan tangkap tertinggi di Jawa Timur (BPS, 2018). Ikan yang diperoleh dari perairan Lamongan kemudian didistribusikan melalui jalur darat dengan moda transportasi truk terbuka dan diangkut dalam drum atau

kotak fiber. Distribusi dari Lamongan ke beberapa kota di Jawa Timur yaitu Jombang, Surabaya, dan Malang.

Walaupun potensi perikanan laut tangkap di Indonesia cukup tinggi, namun ternyata di sisi hilir tidak merasakan dampak melimpahnya hasil tangkapan ikan dari laut Indonesia. Pemenuhan kebutuhan pangan dari sektor perikanan tangkap serta fluktuasi harga ikan menjadi bukti belum optimalnya pengelolaan hasil tangkapan ikan di Indonesia.

Sistem *cold chain* yang akan dirancang pada studi di sini adalah sebuah perancangan model distribusi ikan laut tangkap dengan memanfaatkan fungsi *cold storage* sebagai warehouse pengolahan dan penyimpanan ikan segar menjadi ikan beku sebagai *buffer stock* untuk menjaga stabilitas *supply* ikan. Mekanisme *cold chain* yang akan dimodelkan adalah mengendalikan jumlah *supply* ikan di pasar agar tidak terjadi overstock dan tidak mengalami *shortage* dan mengurangi potensi kerawanan pangan dari sektor ikan laut tangkap.

Penelitian ini bertujuan melakukan perancangan model *cold chain* dengan sistem *cold storage* yang terdesentralisasi di hilir yaitu di Lamongan, dan melakukan analisis dampak keberadaan *cold storage* terhadap stabilitas harga ikan laut tangkap khususnya pada komoditas ikan kembung, dengan pendekatan simulasi sistem dinamis. Hasil dari penelitian ini diharapkan akan memberikan gambaran pemilihan model terbaik dalam proses pengelolaan hasil tangkapan ikan di Lamongan. Dengan model terbaik yang didapatkan diharapkan mampu menjaga stabilitas *supply* ikan ke pasar sehingga stabilitas harga ikan menjadi lebih baik.

2. Metode

2.1 Populasi dan Sampel

Populasi dalam penelitian ini adalah tangkapan ikan kembung di Lamongan. Sampel yang diambil dalam penelitian ini adalah data tangkapan ikan kembung di Lamongan selama 12 bulan pada tahun 2018. Pada penelitian ini menggunakan data sekunder yang diambil dari hasil publikasi BPS Statistik Perikanan Provinsi Jawa Timur Tahun 2018.

Metode penelitian yang digunakan adalah metode analisis deskriptif kuantitatif, yaitu analisis yang datanya dapat dihitung untuk menghasilkan penafsiran kuantitatif yang meliputi pengukuran kinerja masing-masing perspektif. Setelah data diolah, kemudian dilakukan analisis untuk mendapatkan suatu kesimpulan dari permasalahan yang ada. Pada penelitian ini digunakan sistem dinamis.

Sistem dinamis adalah pendekatan simulasi kontinu yang mewakili dunia sebagai seperangkat *stock* dan aliran serta merupakan metode untuk pengembangan dan pengujian model matematika formal dan simulasi komputer dari sistem dinamik nonlinier yang kompleks (Forrester, 1961). Langkah-langkah dalam proses pemodelan, menurut (Stermam, 2000) adalah:

1. Melakukan identifikasi masalah dan menentukan batasan permasalahan.

Tahap identifikasi masalah dan penentuan batasan masalah adalah langkah paling krusial dalam proses pemodelan. Tahapan ini bertujuan menentukan variabel-variabel kritis yang mempengaruhi sistem yang akan disimulasikan.

2. Memformulasikan Hipotesis Dinamis

Memformulasikan hipotesis bisa dimulai dengan menentukan Hipotesis initial. Hipotesis bersifat dinamis karena hipotesis harus mampu memberikan penjelasan tentang karakter dinamika yang mendasari struktur *feedback* dan *stock flow* dari sistem yang diteliti. *Endogenous focus* adalah langkah selanjutnya pada tahap kedua, dimana endogenous adalah faktor yang muncul dari dalam sistem, Teori *endogenous* akan menghasilkan sistem yang dinamis melalui interaksi dari variabel yang merepresentasikan model. Salah satu tools yang bisa digunakan pada tahap ke dua ini adalah dengan menyusun *Causal Loop Diagram (CLD)*.

3. Formulasi masalah

Pada tahap ini dilakukan penentuan spesifikasi dari struktur model, estimasi parameter, serta kondisi eksisting. Struktur model menunjukkan bagaimana model didasarkan pada formula matematika. Dalam sistem dinamis model matematika digambarkan seperti kran yang mengalir ke dalam bak mandi yang memiliki kran air di bagian bawah. Kran atas menggambarkan aliran masuk (*inflow*) kran

bawah bak mandi menggambarkan aliran keluar (*outflow*). Air yang tertampung di dalam bak mandi adalah gambaran dari *stock*. Hasil dari tahap ke tiga adalah *stock flow* diagram, yang kemudian dilakukan validasi model untuk memastikan apakah model yang dibuat sudah dapat mewakili kondisi sebenarnya.

4. Analisis *Output* Simulasi

Setelah model simulasi yang dihasilkan dilakukan validasi, dan dilakukan simulasi dengan beberapa kondisi skenario alternatif. Output simulasi dalam bentuk tabel angka dan grafik dengan mensimulasikan nilai-nilai pada variabel input yang terkendali.

5. Pemilihan Skenario Terbaik

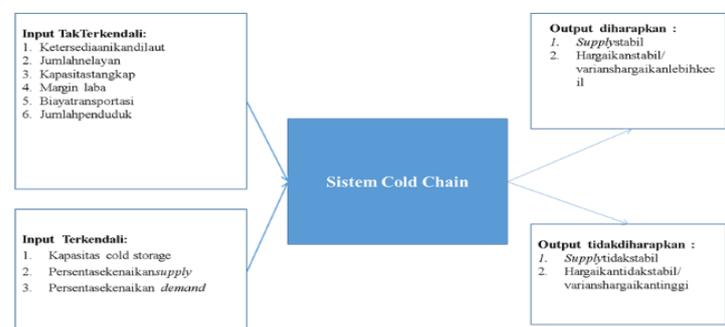
Pengambilan skenario terbaik dilakukan untuk melihat pada kondisi mana model simulasi dinamis yang dilakukan, memberikan dampak yang signifikan terhadap ketahanan pangan atau stabilitas pasokan ikan kembung di hulu yaitu Tempat Pelangan Ikan (TPI) Lamongan maupun di hilir yaitu Kota Malang, Surabaya dan Jombang)

Pada Hasil dari penelitian ditampilkan simulasi Harga Hulu Nelayan, Harga Pangkalan Pendaratan Ikan (PPI), Harga Pedagang Perantrara dan Harga Pengecer.

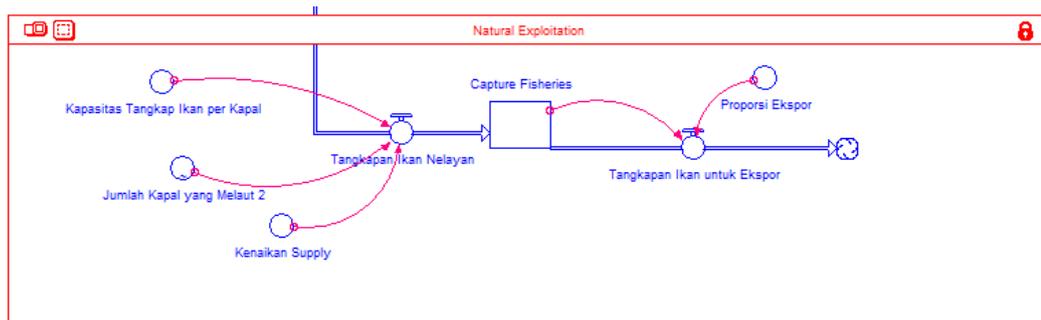
3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Hasil identifikasi masalah

Identifikasi masalah dilakukan dengan brainstorming serta melakukan studi literatur untuk mendapatkan gambaran variabel—variabel kritis yang berpengaruh terhadap model *system coldchain*. Hasil identifikasi masalah digambarkan dengan *diagram input output* pada Gambar 1.



Gambar. 1. Diagram Input Output Sistem Cold Chain



Gambar. 3. Stock Flow Diagram Pada Submodel Tangkapan Ikan Kembang di Lamongan

3.3 Hasil Formulasi Masalah

Formulasi masalah dalam simulasi dinamis dimodelkan dengan membuat *stock flow* diagram yang merupakan model matematis dari system *cold chain* dengan model *cold storage* terpusat. Pada penelitian ini model *stock flow* pada subsistem hasil tangkapan ikan di Lamongan, yang akan mempengaruhi apakah stok ikan akan masuk ke *cold storage* sebagai *buffer stock* ataukah jumlah tangkapan ikan kurang sehingga harus ditambahkan ikan dari *cold storage* untuk menjaga jumlah pasokan ikan.

Setelah *stock flow diagram* dibuat, dilakukan verifikasi model untuk memberikan pembuktian pada model simulasi komputer yang dibuat telah mampu melakukan simulasi dari suatu model abstrak yang dikaji. Langkah verifikasi model adalah dengan pemeriksaan error yang mungkin terjadi karena tidak konsistennya informasi dan logika model simulasi yang dirancang. Verifikasi model untuk software STELLA 9.1.3 dapat dilakukan dengan melakukan check unit. Cara lain untuk melakukan verifikasi adalah dengan verify/Repair model yang menunjukkan bahwa model telah terverifikasi. Hasil uji verifikasi model telah menunjukkan bahwa model sudah konsisten, sedangkan hasil uji mean error untuk uji validitas model menunjukkan error < 10% yang artinya model dapat dikatakan valid. Salah satu diagram *stock flow* dari submodel tangkapan ikan di hulu (Lamongan) ditampilkan dalam Gambar 3.

Tabel 1. Hasil Uji Mean Error Model

Supply simulasi	Real Supply	Error
52.560	52.500	0,001142857
31.500	31.500	0
26.280	26.250	0,001142857

15.840	15.750	0,005714286
26.280	26.250	0,001142857
25.740	25.750	0,00038835
115.560	115.500	0,000519481
325.440	325.500	0,000184332
220.500	220.500	0
183.780	183.750	0,000163265
157.500	157.500	0
109.940	105.000	0,047047619
	Error	0,0048

Skenario simulasi yang dilakukan adalah dengan mencoba menaikkan nilai *supply* dan menaikkan *demand* sesuai dengan target minimum konsumsi ikan per kapita. Tabel nilai simulasi ditampilkan dalam Tabel 2 berikut.

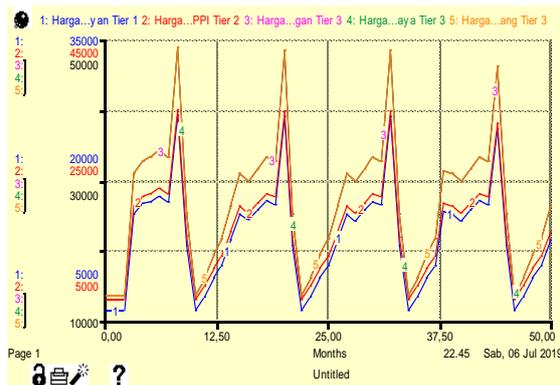
Tabel 2. Skenario Simulasi Cold Chain System

Kode Skenario	Kenaikan Supply (%)	Kenaikan Demand (%)
D0*	eksisting	eksisting
D1	eksisting	eksisting
D2	25	15
D3	25	25
D4	25	35
D5	50	15
D6	50	25
D7	50	35

Skenario ini menggunakan asumsi kapasitas *cold storage* maksimum adalah 100 Ton, dimana skenario kode D0 adalah kondisi eksisting tanpa adanya proses *buffer stock* dengan *cold storage* dalam system *cold chain*. Kode D0 adalah kondisi riil dimana rata-rata harga ikan perbulan diambil dari data yang diperoleh dari

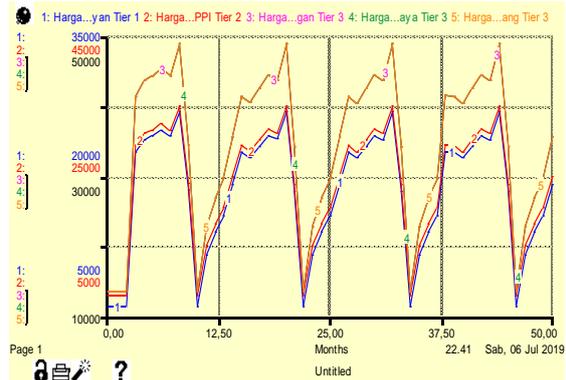
Dinas Kelautan dan Perikanan Kabupaten Lamongan dan dari Tempat Pelangan Ikan Brondong, dan diperoleh harga rata-rata dalam 1 tahun sebesar 19.055 Rupiah/kg dengan standar deviasi harga sebesar 7348 seperti ditampilkan dalam Tabel 3.

Skenario D1 adalah kondisi di mana tidak terjadi kenaikan *supply* maupun *demand* ikan Kembang, namun sudah tersedia *cold storage* dengan model distribusi desentralisasi *cold storage*, sehingga lokasi *cold storage* berada di hulu yaitu Lamongan, dan di hilir yaitu Surabaya, Malang dan Jombang. Gambar D1 menunjukkan fluktuasi harga di 4 kota yaitu Lamongan, Surabaya dan Jombang, dengan kondisi tidak ada kenaikan *supply* maupun *demand*, namun telah ada fungsi *buffer stock* yang dijalankan oleh *cold storage* di masing-masing kota.



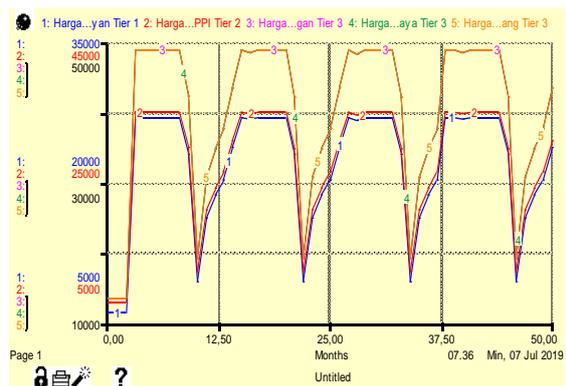
Gambar. 3. Hasil Simulasi Harga Ikan Skenario D1

Untuk simulasi dengan kode D2 adalah simulasi sistem *cold chain* dengan asumsi terjadi kenaikan *supply* sebanyak 25% dan diiringi dengan kenaikan *demand* ikan sebanyak 15%. Dari grafik output simulasi terlihat grafik harga komoditas relatif lebih stabil apabila dibandingkan dengan kondisi skenario D1.



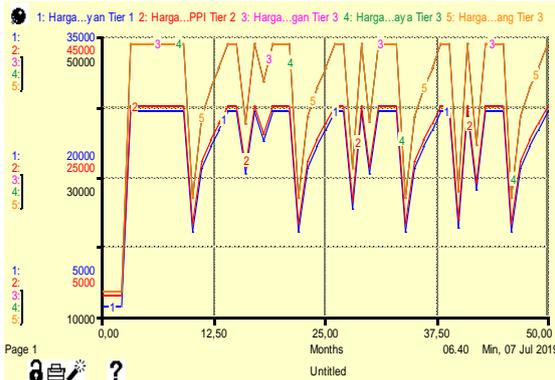
Gambar. 4. Hasil Simulasi Harga Ikan Skenario D2

Skenario ke tiga dengan kode D3 adalah kondisi simulasi dengan kenaikan *supply* sebesar 25% dan terjadi kenaikan *demand* 25% di masing-masing kota, diperoleh hasil gambar simulasi yang grafiknya terlihat lebih stabil di level harga yang tinggi, namun memiliki nilai standar deviasi lebih tinggi daripada nilai kondisi eksisting.



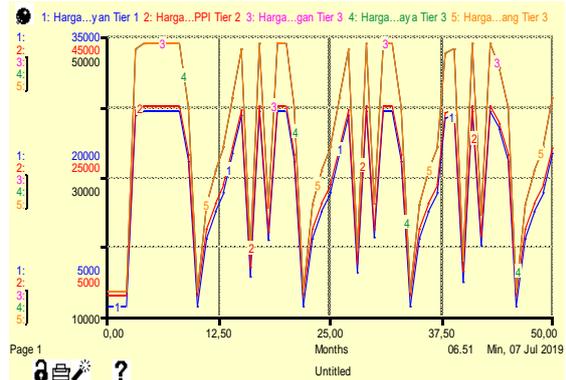
Gambar. 5. Hasil Simulasi Harga Ikan Skenario D3

Skenario selanjutnya adalah skenario dengan kode D4 dimana kondisi ini disimulasikan dengan peningkatan *supply* ikan masih tetap pada kondisi 25% sedangkan kondisi *demand* naik lebih besar daripada kenaikan *supply* yaitu 35%. Hasil *output* simulasi terlihat lebih baik dimana fluktuasi harga lebih stabil dibanding skenario D1, D2 dan D3, namun apabila dilihat rata-rata harga ikan di angka 32.387 Rp/Kg maka harganya lebih tinggi daripada harga ikan pada kondisi yang ada maupun skenario D2 dan D3.



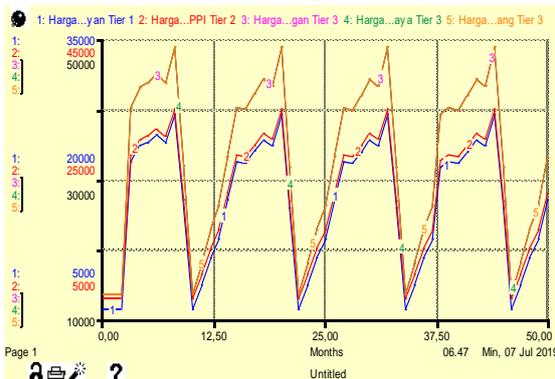
Gambar. 6. Hasil Simulasi Harga Ikan Skenario D4

Simulasi selanjutnya dilakukan dengan menaikkan *supply* ikan di angka 50%, dengan *demand* disimulasikan di angka 15%, maka diperoleh output grafik seperti pada Gambar 6 yang menunjukkan grafik yang lebih fluktuatif dibandingkan grafik simulasi D4. Dari angka output simulasi, nilai standar deviasi harga ikan diperoleh sebesar 8.545,1 yang lebih besar daripada standar deviasi kondisi eksisting.



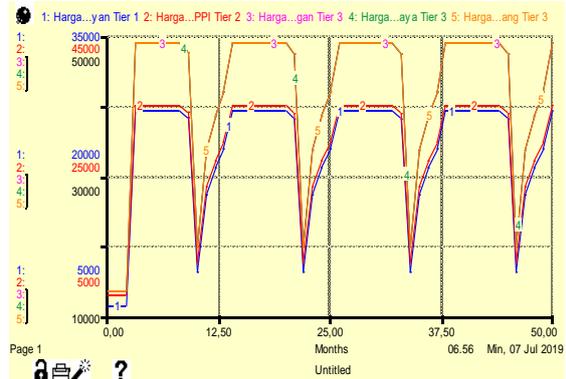
Gambar. 8. Hasil Simulasi Harga Ikan Skenario D6

Skenario simulasi terakhir adalah skenario dengan kode D7 adalah apabila terjadi kenaikan *supply* hingga 50% dan kenaikan *demand* sebanyak 35%, maka hasil grafik output simulasi STELLA tampak pada gambar 9. Dari grafik tersebut terlihat fluktuasi harga lebih stabil daripada kondisi skenario D1-D6, dan dengan nilai standar deviasi 6.867,2 yang nilainya paling rendah diantara kondisi skenario D1-D6.



Gambar. 7. Hasil Simulasi Harga Ikan Skenario D5

Simulasi dengan kode D6 dilakukan dengan skenario terjadi peningkatan *supply* 50% dan peningkatan *demand* 25%, dari hasil output simulasi Gambar 8 terlihat bahwa harga komoditas ikan kembung lebih fluktuatif dibanding skenario D6 dan skenario lainnya. Apabila dilihat perhitungan standar deviasinya terlihat bahwa nilai standar deviasi pada skenario ini paling tinggi dibanding skenario yang lain.



Gambar. 9. Hasil Simulasi Harga Ikan Skenario D7

Nilai standar deviasi harga komoditas ikan Kembung berdasarkan skenario simulasi ditampilkan dalam Tabel 3.

Tabel 3. Hasil *Output* Simulasi Rata-Rata Harga Ikan dan Standar Deviasi Harga (Rp/Kg)

Kode Skenario	Rata-rata Harga Ikan Kembung(Rp/Kg)	Standar Deviasi Harga Ikan Kembung
<i>Eksisting</i>	19.055	7.348,2
D1	18.853	7.307,1

D2	25.088	8.140,6
D3	29.599	7.245,8
D4	32.387	5.073,8
D5	23.224	8.545,1
D6	28.079	8.773,1
D7	31.008	6.867,2

4 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dengan simulasi system dinamis ini, diperoleh beberapa catatan diantaranya yaitu, pertama, penelitian ini telah menghasilkan rancangan model sistem *cold chain* untuk sistem dengan *cold storage* yang terdesentralisasi di kota-kota wilayah distribusi ikan yaitu Malang, Surabaya dan Jombang.

Kedua, berdasarkan simulasi yang dilakukan dengan kondisi kenaikan *supply* dan *demand* diperoleh beberapa output grafik fluktuasi harga ikan kembang dengan berbagai kondisi.

Ketiga, skenario D1 adalah kondisi dimana *cold storage* terdesentralisasi di hilir yaitu Kota Malang, Surabaya dan Jombang dengan kapasitas masing-masing 100 ton, telah masuk dalam skenario simulasi. Hasil simulasi meunjukkan *cold storage* mampu menurunkan rata-rata harga ikan sebanyak 200 poin dan menurunkan standar deviasi harga ikan menjadi 7307.

Keempat, berdasarkan hasil simulasi D1-D7 dengan berbagai kombinasi kenaikan *supply* dan *demand* terhadap kondisi eksisting, diperoleh hasil bahwa terjadi kenaikan harga rata-rata komoditas ikan kembang dimana apabila kenaikan *demand* naik optimum pada angka 35% maka harga akan naik signifikan pada angka 31.000(rp/kg) seperti pada hasil simulasi D7 dan D4. Apabila kita melihat dari perspektif stabilitas harga dengan indikator nilai standar deviasi harga komoditas ikan, maka skenario D4 adalah skenario yang paling bisa menurunkan fluktuasi harga ikan dari kondisi eksisting di angkat 7348, menjadi 5073. Namun pada kondisi ini justru harga ikan naik signifikan dikarenakan optimumnya nilai simulasi *demand* pada kenaikan 35%.

Saran

Adapun saran dari penelitian ini diantaranya yaitu :

1. Untuk penelitian selanjutnya, perlu diperdalam pada pola pembentukan harga komoditas, serta faktor-faktor selain *supply* dan *demand* dalam pembentukan harga ikan, sehingga dapat diperoleh skema yang menghasilkan Fnilai fluktuasi harga yang stabil dan rata-rata harga ikan yang lebih rendah dibanding hasil skenario D4 dan D7.
2. Perlu diteliti juga untuk membandingkan pengaruh pola sistem sentralisasi dan desentralisasi terhadap stabilitas harga komoditas ikan laut.

Daftar Pustaka

- BPS. (2018). *Statistik Perikanan Provinsi Jawa Timur*.
- Forrester, J. W. (1961). *Industrial Dynamics*.
- Halm, A., Yalcouyé, I., Kamissoko, M., Keita, T., Modjirom, N., Zipursky, S., Kartoglu, U., & Ronveaux, O. (2010). Using oral polio vaccine beyond the cold chain: A feasibility study conducted during the national immunization campaign in Mali. *Vaccine*, 28, 3467–3472. <https://doi.org/10.1016/j.vaccine.2010.02.066>
- Kartoğlu, Ü., Nelaj, E., & Maire, D. (2010). Improving temperature monitoring in the vaccine cold chain at the periphery: An intervention study using a 30-day electronic refrigerator temperature logger (Fridge-tag®). *Vaccine*, 28, 4065–4072. <https://doi.org/10.1016/j.vaccine.2010.03.076>
- KKP (Kementrian Kelautan dan Perikanan). (2014). *Kajian Strategis Pengelolaan Perikanan Berkelanjutan*.
- KKP (Kementrian Kelautan dan Perikanan). (2019). *Kesiapan Manajemen Rantai Pasok Berpendingan di Indonesia*.
- Robertson, J., Franzel, L., & Maire, D. (2017). Innovations in cold chain equipment for immunization supply chains. In *Vaccine* (pp. 2252–2259). <https://doi.org/10.1016/j.vaccine.2016.11.094>
- Stermam, J. D. (2000). *Business Dynamics System Thinking and Modeling for a Complex World*.
- Zhao, H., Liu, S., Tian, C., Yan, G., & Wang, D. (2018). An overview of current status of cold chain in China. *International Journal of Refrigeration*, 88, 483–495.