



SKRIPSI – ME 141501

**PEMODELAN COLD CHAIN MANAGEMENT IKAN
CAKALANG PADA PERAIRAN MALUKU
MENGUNAKAN METODE DINAMIKA SISTEM**

**AHMAD BASHORI
NRP. 4212100125**

**Dosen Pembimbing:
Prof. Dr. Ketut Buda Artana, ST., M.Sc
Sutopo Purwono Fitri, ST., M.Sc., PhD**

**JURUSAN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2016**

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



SKRIPSI – ME 141501

**COLD CHAIN MANAGEMENT MODELLING OF
SKIPJACK FISH IN MALUKU WATERS USING
SYSTEM DYNAMICS**

**AHMAD BASHORI
NRP. 4212100125**

Supervisor:

**Prof. Dr. Ketut Buda Artana, ST., M.Sc
Sutopo Purwono Fitri, ST., M.Sc., PhD**

**MARINE ENGINEERING DEPARTMENT
Faculty of Marine Technology
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2016**

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LEMBAR PENGESAHAN

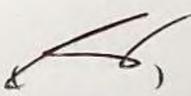
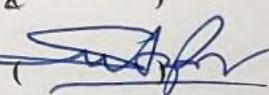
**PEMODELAN COLD CHAIN MANAGEMENT IKAN
CAKALANG PADA PERAIRAN MALUKU
MENGUNAKAN METODE DINAMIKA SISTEM**

SKRIPSI

**Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar
Sarjana Teknik pada Bidang Studi Reliability, Availability,
Maintainability, dan Safety (RAMS)
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Oleh:**

**AHMAD BASHORI
NRP. 4212 100 125**

Disetujui oleh Pembimbing Skripsi:

1. Prof. Dr. Ketut Buda Artana, ST., M.Sc ()
2. Sutopo Purwono Fitri, ST., M.Sc., PhD ()

**SURABAYA
JULI, 2016**

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LEMBAR PENGESAHAN

PEMODELAN COLD CHAIN MANAGEMENT IKAN CAKALANG PADA PERAIRAN MALUKU MENGUNAKAN METODE DINAMIKA SISTEM

SKRIPSI

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar
Sarjana Teknik pada Bidang Studi Reliability,
Availability,

Maintainability, dan Safety (RAMS)

Program Studi S-1 Jurusan Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

AHMAD BASHORI
NRP. 4212 100 125

Disetujui oleh Ketua Jurusan Teknik Sistem Perkapalan:



[Signature]
Dr. Eng. M. Badruz Zaman, S.T., M.T.

NIP. 1977 0802 2008 01 1007

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

PEMODELAN COLD CHAIN MANAGEMENT IKAN CAKALANG PADA PERAIRAN MALUKU MENGUNAKAN METODE DINAMIKA SISTEM

Nama Mahasiswa : Ahmad Bashori
NRP : 4212100125
Jurusan : Teknik Sistem Perkapalan
Dosen Pembimbing :
Prof. Dr. Ketut Buda Artana, ST., M.Sc
Sutopo Purwono Fitri, ST., M.Sc., PhD

ABSTRAK

Laut Banda yang terletak pada wilayah pengelolaan perikanan-RI 714 sebagai daerah utama penangkapan ikan cakalang di Maluku diduga telah terjadi *overfishing*, dengan adanya kebijakan dari Kementerian Kelautan dan Perikanan mengenai penetapan Provinsi Maluku sebagai Lumbung Ikan Nasional pada tahun 2030 hal ini sangat berdampak besar terhadap laju penangkapan ikan cakalang, oleh sebab itu perlu adanya pengkajian mengenai laju penangkapan ikan cakalang terhadap stok ikan yang sudah mengalami *overfishing*. Dengan pengkajian ini akan diperoleh jumlah tangkapan optimum dan jumlah trip melaut optimum dalam satu tahun tetapi dengan kondisi stok ikan yang masih aman. Terdapat beberapa pendekatan untuk menentukan jumlah tangkapan yang diperbolehkan yaitu pendekatan *maximum sustainable yield* (MSY), *maximum economic yield* (MEY), *Optimum sustainable yield* (OSY). Dalam penelitian ini diusulkan juga penggunaan kapal pengumpul sebagai kapal induk atau kapal penyimpanan dari tengah laut yang diperoleh langsung dari

nelayan menuju ke pelabuhan Ambon. Aspek yang penting dalam menentukan jumlah tangkapan yang diperbolehkan harus mencakup aspek ekologi, ekonomi dan sosial. Ketiga aspek tersebut berpengaruh pada pencapaian keseimbangan sumberdaya terhadap pemanfaatan, nilai ekonomi pada industri perikanan yang terdampak dan penyerapan tenaga kerja yang terlibat dalam klaster pemanfaatan perikanan ikan cakalang di Laut Banda. Untuk mensimulasikan pemodelan dilakukan simulasi dengan metode dinamika sistem, hal ini untuk mengetahui perilaku perubahan antar variabel terkait dalam waktu tertentu. Dari hasil simulasi diperoleh potensi sumberdaya ikan cakalang di Laut Banda dengan pendekatan MSY adalah 32.983,7 ton/tahun dengan jumlah trip kapal per tahun 21.000 kali. Keuntungan maksimum yang dapat diperoleh pada pendekatan MEY dengan jumlah trip per tahun 20500 kali dan produksi per tahun 32.730,1 ton. Serta pada pendekatan OSY dengan jumlah potensi per tahun 25.836,9 ton dengan upaya trip per tahun 40.000 kali. Kapal pengumpul yang dibutuhkan sebanyak 2 unit dengan ukuran 500 GT dan trip per tahun sebanyak 24 kali. Dalam penelitian ini juga dibahas mengenai kebutuhan mesin refrigerasi kapal pengumpul, dari hasil perhitungan diperoleh kebutuhan mesin refrigerasi sebesar 339,85 Kw.

Kata kunci: *dinamika sistem, ikan cakalang, cold chain management, simulasi, mesin refrigerasi*

COLD CHAIN MANAGEMENT MODELLING OF SKIPJACK TUNA IN MALUKU WATERS USING SYSTEM DYNAMICS

Name : Ahmad Bashori
NRP : 4212100125
Major : Marine Engineering
Promotor : Prof. Dr. Ketut Buda Artana, ST., M.Sc
Sutopo Purwono Fitri, ST., M.Sc., PhD

ABSTRACT

Banda Sea lies in the fishery management area-RI 714 as the main area of fishing skipjack Tuna in Maluku is alleged to have occurred overfishing, with the policy of the Ministry of Maritime Affairs and Fisheries concerning the establishment of Maluku province as Lumbung Ikan Nasioanl in 2030 this is a very major impact for catching tuna, and therefore we need for assessment of catching skipjack tuna on fish stocks that are already overfishing. With this assessment will be obtained an optimum number of catches and fishing optimum number of trips in a year but with the condition of fish stocks that are still safe. There are several approaches to determine the allowable catch that approaches the maximum sustainable yield (MSY), maximum economic yield (MEY), Optimum sustainable yield (OSY). In this study also proposed the use of the collecting vessel as a mother ship or storage vessels from the sea obtained directly from fishermen headed to the port of Ambon. An important aspect in determining the allowable catch should include ecological, economic and social. These three aspects are influential in achieving a balance on the utilization of resources, economic value on the fishing industry is affected

and employment involved in cluster utilization of skipjack tuna fisheries in the Banda Sea. Simulation modeling to simulate the system dynamics method, it is to determine the behavior changes among the variables involved in a certain time. From the simulation results obtained by the resource potential of skipjack tuna in the Banda Sea with the MSY approach is 32983.7 tons / year by the number of boat trips per year 21,000 times. Maximum profit that can be obtained at MEY approach with a number of trips per year 20.500 times and 32.730,1 tons of production per year. As well as on the approaches OSY with a number of potential 25836.9 tons per year with the efforts of trips per year 40,000 times. Ships collecting vessel as fish carrier required 2 units with sizes 750 GT and 24 trips per year, this study also discussed the refer system of the ship. From the calculation refer mechnes of fish carrier required 339.85 Kw.

Keywords: *system dynamics, skipjack tuna, cold chain management, simulation, refer system*

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	v
LEMBAR PENGESAHAN	vii
ABSTRAK.....	ix
ABSTRACT.....	xi
KATA PENGANTAR.....	xiii
DAFTAR ISI.....	xv
DAFTAR GAMBAR.....	xix
DAFTAR TABEL.....	xxi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	4
1.3 Batasan Masalah	4
1.4 Tujuan	5
1.5 Manfaat.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1. Sistem Rantai Dingin	7
2.2. Metode Pendinginan (<i>Refrigeration</i>).....	9
2.3. Sifat Refrigeran	10
2.4. Komponen Refrigeran	12
2.4.1. Kompresor.....	13
2.4.2. Kondensor	13

2.4.3.	Katup Ekspansi	14
2.4.4.	Evaporator.....	15
2.5.	Beban Pendingin	15
2.5.1	Beban Produk.....	17
2.5.2	Beban Transmisi.....	17
2.5.3	Beban Infiltrasi	18
2.5.4	Beban Radiasi.....	19
2.6.	Sistem Refrigeran di Ruang Palka	20
2.7.	Dinamika Sistem.....	21
2.7.1.	Tujuan Model Dinamika Sistem	23
2.7.2.	Cara Kerja Dinamika Sistem	24
2.7.3.	Casual Flow Diagram	24
2.7.4.	Building Block Sistem Dinamik pada Powersim Studio 2008	24
2.8	Konsep Pengujian Model	27
BAB III METODOLOGI.....		31
3.1.	Umum	31
3.2.	Metodologi Penelitian.....	31
3.3.	Perumusan Masalah.....	31
3.4.	Studi Literatur	32
3.5.	Pengumpulan Data.....	32
3.6.	Simulasi Powersim	33
3.7.	Validasi	33

3.8.	Analisa hasil.....	33
3.9.	Perhitungan desain refrigerant.....	34
3.10.	Kesimpulan.....	34
BAB IV PERANCANGAN MODEL SIMULASI.....		37
4.1.	Identifikasi Sistem Amatan	37
4.1.1.	Umum.....	37
4.1.2.	Kondisi Umum Maluku.....	37
4.1.3.	PPN Ambon	38
4.1.4.	Hasil Tangkapan Ikan	39
4.1.5.	Produksi Ikan.....	40
4.1.6.	Proses Pengolahan	42
4.2.	Identifikasi Sistem Rantai Dingin Ikan Beku di Maluku	43
4.2.1.	Ikan Cakalang	44
4.2.2.	Pelaku Sistem Rantai Dingin Ikan Beku.....	44
4.2.3.	Potensi Hasil Laut Maluku.....	47
4.2.4.	Strategi Pemerintah	47
4.3.	Konseptualisasi Model	48
4.3.1.	Identifikasi Variabel	48
4.3.2.	<i>Causal Loop Diagram</i>	54
4.4.	<i>Stock and Flow Diagram</i>	57
4.4.1.	Sub Model Populasi Ikan.....	57
4.4.2.	Sub Model Penangkapan	65

4.4.3.	Sub Model Ekonomi Perikanan	70
4.5.	Verifikasi dan Validasi Model	70
4.5.1.	Verifikasi Model	70
4.5.2.	Validasi Model.....	71
4.6.	Simulasi Model.....	76
4.7.	Analisis Hasil Simulasi	76
4.7.1.	Hasil simulasi sub model stok	78
4.7.2.	Hasil simulasi sub model penangkapan	81
4.7.3.	Hasil simulasi sub model ekonomi perikanan	82
4.7.4.	Hasil simulasi kebutuhan kapal pengumpul .	86
4.8.	Perhitungan kebutuhan mesin refrigerasi	87
4.8.1.	<i>General Arrangement</i> Kapal Pengumpul	87
4.8.2.	Desain Insulasi Ruang Muat	89
4.8.3.	Koefisien Perpindahan Panas.....	90
4.8.4.	Perhitungan Kapasitas Beban Pendingin	94
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		105
5.1.	Kesimpulan.....	105
5.2.	Saran	106
DAFTAR PUSTAKA		107
LAMPIRAN.....		109
BIODATA PENULIS		129

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Peta Wilayah Provinsi Maluku.....	1
Gambar 2 Produksi Perikanan Maluku 2005-2014.....	2
Gambar 3 Cold Chain Management.....	8
Gambar 4 Flow and level.....	25
Gambar 5 auxiliary pada Powersim studio	26
Gambar 6 Constant pada Powersim Studio.....	26
Gambar 7 Metodologi Penelitian	35
Gambar 8 Produksi Perikanan di Provinsi Maluku.....	40
Gambar 9 Big Picture Mapping Penelitian	45
Gambar 10 Causal Loop Diagram Penelitian	56
Gambar 11 Sub model populasi ikan	58
Gambar 12 Jumlah trip kapal pukat cincin WPP-RI 715.....	60
Gambar 13 Jumlah trip kapal huhate 715	60
Gambar 14 Jumlah trip per kapal pukat cincin 718	61
Gambar 15 Jumlah trip per kapal huhate 718	62
Gambar 16 Produksi Cakalang WPP-RI 715.....	63
Gambar 17 Produksi Cakalang WPP-RI 718.....	63
Gambar 18 Sub model penangkapan	66
Gambar 19 Sub model populasi ikan(stok).....	72
Gambar 20 Kapal Pembanding Fish Carrier	88

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR TABEL

Table 1 Average air infiltration rates in L/s due to door.....	18
Table 2 Potensi Perikanan Tangkap Maluku	38
Table 3 Indikator kinerja PPN Ambon	39
Table 4 Jumlah produksi perikanan tangkap menurut kabupaten/kota	41
Table 5 Persebaran Industri Cold Storage.....	43
Table 6 Produksi Ikan Cakalang di Maluku, 2010.....	44
Table 7 Hasil laut yang menjadi andalan Provinsi Maluku ..	47
Table 8 Identifikasi Variabel.....	49
Table 9 Identifikasi Variabel (lanjutan)	50
Table 10 Identifikasi Variabel (lanjutan)	52
Table 11 Model kuantitatif setiap variabel sub model populasi ikan.....	59
Table 12 Data effort dan CPUE WPP-RI 715.....	64
Table 13 Data effort dan CPUE WPP-RI 718.....	64
Table 14 Hasil Analisis nilai parameter biologi 715.....	65
Table 15 Hasil Analisis nilai parameter biologi 718.....	65
Table 16 Model kuantitatif setiap variabel submodel populasi ikan.....	67
Table 17 Perhitungan Error antara Data Aktual dan Simulasi	75
Table 18 Hasil perhitungan matematis pendekatan	77
Table 19 Kondisi steady state perikanan Maluku	81
Table 20 Skenario kebijakan tiga pendekatan bioekonomi perikanan.....	82
Table 21 Skenario Pendekatan MSY	83
Table 22 Skenario Pendekatan MEY	84
Table 23 Skenario Pendekatan OSY	85
Table 24 Bahan Isolasi Ruang Muat.....	89
Table 25 Nilai koefisien dinding pembatas.....	92

Table 26 Stowage Factor	95
Table 27 Panas Spesifik dan Panas Laten dari Perishable Food	95
Table 28 Average Air Infiltration Rates in L/s Due to Door	102

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

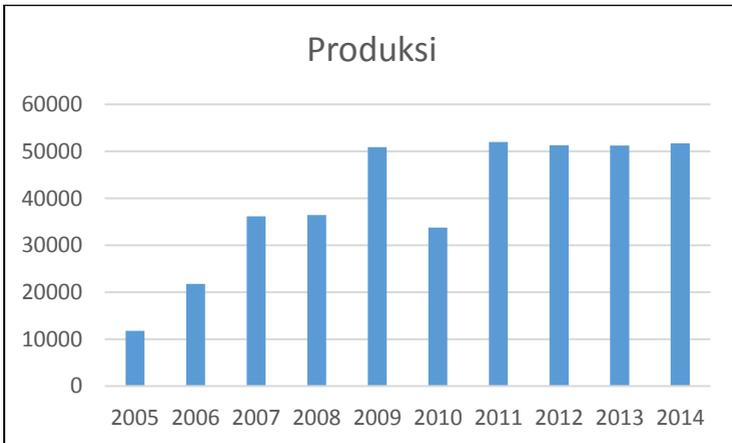
Luasnya perairan Maluku menjadikan sektor kelautan dan perikanan memiliki potensi besar sebagai sektor unggulan dan penggerak utama pembangunan perekonomian daerah Provinsi Maluku. Ketersediaan sumberdaya alam yang melimpah dan potensi ekonomi luar biasa yang mampu menghasilkan produk dan jasa dengan daya saing tinggi, sepanjang dapat mengelolanya dengan tepat. Di sisi lain ketersediaan sumber daya alam yang ada di daratan semakin terbatas, khususnya yang berbasis lahan, sejalan dengan bertambahnya penduduk dan berkembangnya kegiatan ekonomi sebagai dampak dari pelaksanaan pembangunan.



Gambar 1 Peta Wilayah Provinsi Maluku

Sumber: irwantoshut.com

Provinsi Maluku memiliki luas wilayah mencapai 81.376 km². Luas lautan mencapai 27.191 km² sedangkan luas daratan mencapai 54.185 km². Dengan jumlah pulau yang terdiri dari 559 pulau, menjadikan Provinsi Maluku sebagai daerah kepulauan. Provinsi Maluku terdiri dari 9 kabupaten dan 2 kota. Pada tahun 2010, Menteri Kelautan dan Perikanan menetapkan Provinsi Maluku sebagai Lumbung Ikan Nasional 2030. Selama periode 2006-2010, jumlah produksi ikan di Provinsi Maluku sangat berfluktuasi. Produksi terendah pada periode itu mencapai nilai 353 ribu ton yaitu pada tahun 2008, dimana produksi ikan menurun hingga 27,95% dan terulang pada tahun 2009 sebesar 1,57%, akan tetapi kembali meningkat pada tahun 2010 mencapai 6,90%.



Gambar 2 Produksi Perikanan Maluku 2005-2014

Sumber: (Data olahan DKP Maluku)

Undang-Undang No. 31 Tahun 2004 tentang Perikanan sebagaimana telah diubah dengan Undang-Undang No.45 Tahun 2009 telah mengamanatkan bahwa tujuan pengelolaan perikanan adalah untuk (1) meningkatkan taraf hidup nelayan kecil dan pembudidaya-ikan kecil, (2) meningkatkan penerimaan dan devisa negara, (3) mendorong perluasan kesempatan kerja, (4) meningkatkan ketersediaan dan konsumsi sumber protein ikan, (5) mengoptimalkan pengelolaan sumber daya ikan, (6) meningkatkan produktivitas, mutu, nilai tambah, dan daya saing, (7) meningkatkan ketersediaan bahan baku untuk industri pengolahan ikan, (8) mengoptimalkan pemanfaatan sumber daya ikan dan, (9) menjamin kelestarian sumber daya ikan, lahan pembudidayaan ikan dan tata ruang. Hal ini menunjukkan dari sisi kebijakan nasional maupun regional pengembangan system rantai dingin adalah sebuah prioritas.

Untuk mencapai target Pemerintah menjadikan Provinsi Maluku sebagai lumbung ikan nasional pada tahun 2030, perlu dilakukan kajian mengenai sistem rantai dingin (*cold chain system*) untuk menjaga dan meningkatkan hasil produk ekspor Provinsi Maluku. Dengan kerangka berfikir demikian, sebuah model cold chain system yang sesuai perlu dilakukan dengan riset awal berupa literature review, guna mengidentifikasi dan menganalisa seluruh variable yang secara utuh dan fungsional berpengaruh pada proses desain pemodelan system rantai dingin (*cold chain system*) dengan menggunakan sistem dinamik dari produk ekspor ikan beku sebagai produk unggulan ekspor sektor perikanan di Maluku. Berdasarkan rasionalisasi di atas, tujuan tugas akhir ini terfokus pada membuat sebuah gagasan mengenai masalah ini serta bagaimana membangun

sebuah kerangka dasar penelitian yang akan di pakai sebagai acuan penelitian selanjutnya.

1.2 Perumusan Masalah

Perumusan masalah yang diangkat dalam skripsi ini adalah:

- a. Bagaimana skenario sistem rantai dingin ikan cakalang yang akan diterapkan di Provinsi Maluku
- b. Bagaimana simulasi rantai dingin ikan cakalang dengan menggunakan metode sistem dinamik
- c. Bagaimana analisa hasil simulasi menggunakan software powersim
- d. Berapa kebutuhan mesin refrigerasi pada kapal pengumpul yang diusulkan.

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah yang diberikan pada skripsi ini adalah:

- a. Objek yang dikaji adalah *Cold Chain* ikan cakalang di daerah kepulauan Maluku.
- b. Ikan yang dikaji adalah ikan cakalang
- c. Penelitian yang dilakukan hanya berdasarkan data-data yang diperoleh dari Kementerian Kelautan dan Perikanan.

1.4 Tujuan

Tujuan yang ingin dicapai dari skripsi ini adalah:

- a. Membuat usulan sistem rantai dingin ikan cakalang yang akan diterapkan di Provinsi Maluku.
- b. Membuat simulasi rantai dingin ikan cakalang dengan metode sistem dinamik menggunakan *software* powersim.
- c. Menganalisa hasil simulasi dengan beberapa skenario kebijakan
- d. Membuat perhitungan kebutuhan mesin refrigerasi yang akan diterapkan pada kapal pengumpul.

1.5 Manfaat

Dari penelitian yang akan dilakukan, diharapkan dapat memberikan manfaat bagi berbagai pihak. Adapun manfaat yang diperoleh antara lain:

- a. Sebagai bahan usulan ke Instansi Pemerintah terkait.
- b. Sebagai bahan pengambilan keputusan oleh Pemerintah
- c. Mengetahui hasil simulasi dari proses komputasi menggunakan pemodelan sistem dinamik.
- d. Mengetahui kebutuhan mesin refrigerasi pada kapal pengumpul yang diusulkan.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB II

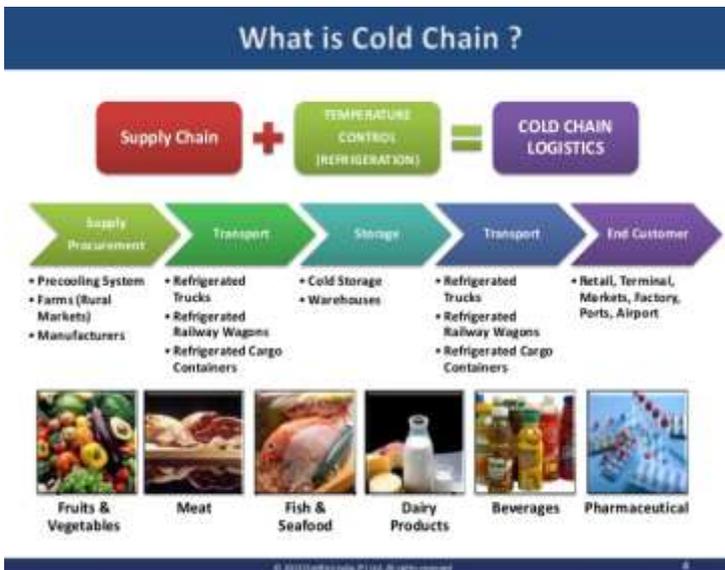
TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Sistem Rantai Dingin

Sistem manajemen rantai dingin (*cold chain management system*) adalah salah satu jenis rantai suplai (*supply chain*) dimana di dalam prosesnya bertujuan untuk menjaga temperatur agar produk tetap terjaga selama proses distribusi pada rangkaian rantai suplai (*supply chain*). Kegagalan dari sebuah sistem rantai dingin merupakan kegagalan seluruh aktivitas yang dialami oleh seluruh rangkaian rantai supply (*supply chain*) secara series dalam memelihara *range temperature* sesuai dengan produknya. Pada dasarnya sistem rantai dingin diterapkan pada industri makanan dan obat-obatan juga pada beberapa kapal bermuatan bahan kimia. Pada industri obat-obatan temperature dijaga antara 2 - 8 °C, tetapi teperatur ini tentunya akan berbeda tergantung dari produk yang ditanganinya. Sedangkan sistem manajemen rantai dingin (*cold chain management system*) sendiri merupakan sebuah manajemen dari seluruh aktivitas sistem rantai dingin agar berjalan secara efektif dan efisien baik secara teknis maupun ekonomis.

Efektif yang dimaksud berhubungan dengan waktu distribusi yang tepat sehingga produk terdistribusi sampai ke tangan konsumen dengan kualitas terjaga. Sedangkan efisien berhubungan dengan sistem rantai dingin yang digunakan untuk menangani produk yang akan didistribusikan pada rangkaian sistem rantai dingin (*cold chain system*). Dalam

proses pengerjaan skripsi ini, secara teknis sistem rantai dingin mempertimbangkan beberapa kriteria yang berhubungan dengan sistem pendingin dan produk hortikultura yang ditanganinya. Sedangkan secara ekonomis adalah pengaruh konsumsi listrik yang selain berhubungan dengan teknis tentunya berhubungan dengan ekonomi atau biaya yang dikeluarkan.



Gambar 3 Cold Chain Management

(Sumber: Welingkar Institute of Management and Research)

Dalam sistem rantai dingin ini tidak hanya melibatkan kapal sebagai alat angkut utama saja, melainkan beberapa komponen yang harus berjalan secara terintegrasi. Diantaranya

nelayan sebagai penyuplai, PPN Ambon sebagai tempat pendaratan utama dan pengolahan ikan, industri pengolahan ikan sebelum ikan dikonsumsi oleh konsumen dalam studi kasus yang penulis kaji adalah dari *fishing ground* sampai ke PPN untuk dikonsumsi baik local maupun ekspor.

2.2. Metode Pendinginan (*Refrigeration*)

Refrigeran adalah proses pendinginan udara atau benda yang disimpan dalam ruangan tertentu sehingga temperaturnya menjadi jauh lebih rendah dari temperature di sekitarnya. Metode ini diterapkan secara luas dalam dunia pengusahaan pangan terutama karena keunggulannya dalam mengatasi gejala dan proses alamiah pangan yang cenderung mudah cepat rusak. Adapun keunggulan dari metode ini adalah sebagai berikut:

(Yaser Krinafi, 2009)

1. Dewasa ini 20-30% bahan pangan rusak atau kehilangan nilai antara waktu panen dan konsumsi. Proses kerusakan ini sangat dirasakan oleh pelaku usaha di Indonesia yang beriklim tropis dengan karakteristik suhu dan kelembapan yang tinggi. Refrigerasi mampu menghambat proses pembusukan makanan;
2. Hanya dengan teknik refrigerasi nilai gizi dan organoleptik seperti rupa, tekstur, cita rasa serta bau;
3. Teknik refrigerasi mampu mempertahankan jumlah cadangan pangan dalam jumlah yang besar dan jangka waktu yang panjang. Teknik ini mampu mengatasi efek dari variasi musim dalam penyimpanan.

Cadangan pangan dalam jumlah tertentu sangat penting dalam mengatasi kegagalan panen dan bencana alam.

2.3. Sifat Refrigeran

Refrigeran adalah fluida kerja yang bersirkulasi dalam siklus refrigerasi. Refrigeran merupakan komponen terpenting siklus refrigerasi karena refrigeran yang menimbulkan efek pendinginan dan pemanasan pada mesin refrigerasi. ASHRAE (2005) mendefinisikan refrigeran sebagai fluida kerja di dalam mesin refrigerasi, pengkondisian udara, dan sistem pompa kalor. Refrigeran menyerap panas dari satu lokasi dan membuangnya ke lokasi yang lain, biasanya melalui mekanisme evaporasi dan kondensasi. Adapun dari sifat refrigeran:

(<http://web.ipb.ac.id/~tepfeta/elearning/media/Teknik%20Pendinginan/bab5.php>, diakses 4-4-2016)

- Tekanan penguapan harus cukup tinggi
- Sebaiknya refrigeran memiliki suhu pada tekanan yang lebih tinggi, sehingga dapat dihindari kemungkinan terjadinya vakum pada evaporator dan turunnya efisiensi volumetrik karena naiknya perbandingan kompresi
- Tekanan pengembunan yang tidak terlampaui tinggi, apabila tekanan pengembunannya terlalu rendah, maka perbandingan kompresinya menjadi lebih rendah, sehingga penurunan prestasi kondensor dapat dihindarkan, selain itu dengan tekanan kerja yang lebih

rendah, mesin dapat bekerja lebih aman karena kemungkinan terjadinya kebocoran, kerusakan, ledakan dan sebagainya menjadi lebih kecil.

- Kalor laten penguapan harus tinggi, refrigeran yang mempunyai kalor laten penguapan yang tinggi lebih menguntungkan karena untuk kapasitas refrigerasi yang sama, jumlah refrigeran yang bersirkulasi menjadi lebih kecil
- Volume spesifik (terutama dalam fasa gas) yang cukup kecil, Refrigeran dengan kalor laten penguapan yang besar dan volume spesifik gas yang kecil (berat jenis yang besar) akan memungkinkan penggunaan kompresor dengan volume langkah torak yang lebih kecil. Dengan demikian untuk kapasitas refrigerasi yang sama ukuran unit refrigerasi yang bersangkutan menjadi lebih kecil
- Koefisien prestasi harus tinggi, dari segi karakteristik termodinamika dari refrigeran, koefisien prestasi merupakan parameter yang terpenting untuk menentukan biaya operasi
- Konduktivitas termal yang tinggi, konduktivitas termal sangat penting untuk menentukan karakteristik perpindahan kalor
- Viskositas yang rendah dalam fasa cair maupun fasa gas, dengan turunnya tahanan aliran refrigeran dalam pipa, kerugian tekanannya akan berkurang
- Konstanta dielektrika dari refrigeran yang kecil, tahanan listrik yang besar, serta tidak menyebabkan korosi pada material isolator listrik

- Refrigeran hendaknya stabil dan tidak bereaksi dengan material yang dipakai, jadi juga tidak menyebabkan korosi
- Refrigeran tidak boleh beracun
- Refrigeran tidak boleh mudah terbakar dan mudah meledak
- Sebaiknya refrigeran menguap pada tekanan sedikit lebih tinggi dari pada tekanan atmosfer. Dengan demikian dapat dicegah terjadinya kebocoran udara luar masuk sistem refrigeran karena kemungkinan adanya vakum pada seksi masuk kompresor (pada tekanan rendah).

Titik didih refrigeran merupakan salah satu faktor yang sangat penting:

- Refrigeran yang memiliki titik didih rendah biasanya dipakai untuk keperluan operasi pendinginan temperatur rendah (refrigerasi)
- Refrigeran yang memiliki titik didih tinggi digunakan untuk keperluan pendinginan temperatur tinggi (pendinginan udara)

2.4. Komponen Refrigeran

Komponen utama sistem refrigerasi terdiri dari: kompresor, kondensor, katup ekspansi dan evaporator. Setiap komponen tersebut sangat mempengaruhi performa dari seluruh sistem refrigerant. Jika salah satu komponen

mengalami kegagalan maka akan mempengaruhi seluruh kinerja sistem.

2.4.1. Kompresor

Kompresor merupakan komponen terpenting dari sistem refrigerasi. Pada manusia kompresor bisa diartikan sebagai jantung yang memompa dari ke seluruh tubuh, sedangkan kompresor pada sistem refrigerasi digunakan untuk memompa bahan pendingin ke seluruh sistem. Mengalirnya refrigerant terjadi akibat adanya perbedaan tekanan antara sisi masuk dan keluar dalam kerja kompresor yang membentuk suatu siklus yang berlangsung terus menerus.

Kompresor pada prinsipnya digunakan untuk:

- Fungsi penghisap: proses ini membuat cairan refrigerant dari evaporator dikondensasi dalam temperatur yang rendah ketika tekanan refrigerant dinaikkan.
- Fungsi penekanan: proses ini membuat gas refrigerant dapat ditekan sehingga membuat temperatur dan tekanannya tinggi lalu disalurkan ke kondensor, dan dikabutkan pada temperatur yang tinggi.
- Fungsi pemompaan: proses ini dapat dioperasikan secara kontinyu dengan mensirkulasikan refrigerant berdasarkan hisapan dan kompresi.

2.4.2. Kondensor

Kondensor berfungsi sebagai alat penukaran kalor ,menurunkan temperatur refrigran dari bentuk gas menjadi cair.

Kondensor di dalam sistem air conditioner merupakan alat yang digunakan untuk merubah gas refrigerant bertekanan tinggi menjadi cairan. Alat tersebut melakukan cara ini dengan menghilangkan panas dari refrigerant ke temperature atmosfer. Kondensor terdiri dari coil dan fin yang berfungsi mendinginkan refrigerant ketika udara tertiuap diantaranya. Sejumlah kalor yang terdapat pada refrigeran dilepaskan keudara bebas dengan bantuan kipas (fan motor). Kondensor ditempatkan didepan radiator yang pendinginnya dijamin oleh kipas. Untuk refrigerant jenis R-134a menggunakan kondensor jenis parallel flow untuk memperbaiki efek pendinginan udara. Dengan cara itu maka efek pendinginan udara dapat diperbaiki sekitar 15% sampai 20%. Agar proses pelepasan kalor bisa lebih cepat, pipa kondensor didesain berliku dan dilengkapi dengan sirip. Untuk itu, pembersihan sirip-sirip pipa kondensor sangat penting agar perpindahan kalor refrigeran tidak terganggu. Jika sirip-sirip kondensor dibiarkan dalam kondisi kotor, akan mengakibatkan mesin pendingin menjadi kurang dingin.

2.4.3. Katup Ekspansi

Tekanan zat pendingin yang berbentuk cair dari kondensor, saringan harus diturunkan supaya zat pendingin menguap, dengan demikian penyerapan panas dan perubahan bentuk zat pendingin dari cair menjadi gas akan berlangsung dengan sempurna sebelum keluar evaporator. Untuk itulah pada saluran masuk evaporator dipasang katub ekspansi. Bekerjanya katup ekspansi diatur sedemikian rupa agar

membuka dan menutupnya katup sesuai dengan temperatur evaporator atau tekanan di dalam sistem.

2.4.4. Evaporator

Zat pendingin cair dari receiver drier dan kondensor harus dirubah kembali menjadi gas dalam evaporator, dengan demikian evaporator harus menyerap panas, agar penyerapan panas ini dapat berlangsung dengan sempurna, pipa-pipa evaporator juga diperluas permukaannya dengan memberi kisi-kisi (elemen) dan kipas listrik (blower), supaya udara dingin juga dapat dihembus ke dalam ruangan.

Rumah evaporator bagian bawah dibuat saluran/pipa untuk keluarnya air yang mengumpul disekitar evaporator akibat udara yang lembab. Air ini juga akan membersihkan kotoran-kotoran yang menempel pada kisi-kisi evaporator, karena kotoran itu akan turun bersama air. Evaporator di buat dari bahan logam anti karat, yaitu tembaga dan almunium

2.5. Beban Pendingin

Beban pendingin adalah jumlah kalor total (sensible dan laten) yang terdapat dalam ruangan yang harus dibuang sehingga tercapai kondisi udara dalam ruangan seperti yang diinginkan. Definisi dari kalor sensible yaitu kalor yang dihasilkan oleh sebuah sumber sehingga dapat menyebabkan kenaikan suhu. Sedangkan definisi dari kalor laten adalah kalor yang dihasilkan oleh suatu benda sehingga menyebabkan

perubahan fase tetapi hal ini tidak menyebabkan kenaikan suhu.

Beban pendingin yang terjadi dalam ruangan penyimpanan ikan antara lain adalah beban panas akibat motor listrik, beban pendingin dari pekerja, beban panas dari lampu yang dipakai, beban panas karena infiltrasi dan beban melalui kontraksi ruang dari tempat penyimpanan ikan. Beberapa contoh dari beban diatas harus diperhatikan dan diketahui dalam mendesain sebuah sistem refrigrasi karena beberapa beban tersebut mempunyai pengaruh yang sangat besar dalam proses pendinginan:

(Baheramsyah & Ariana, 1999)

- a) Beban produk: yaitu beban kalor yang dilepaskan oleh produk selama proses pembekuan dan penyimpanan
- b) Beban infiltrasi: yaitu beban kalor yang ditimbulkan akibat adanya perembesan udara melalui dinding akibat adanya celah-celah seperti saat memuka pintu.
- c) Beban internal: yaitu beban kalor yang disebabkan oleh panas yang keluar dari peralatan-peralatan listrik di dalam ruangan, termasuk panas dari tubuh pekerja.
- d) Beban transmisi: yaitu beban kalor yang diakibatkan oleh panas yang ditransmisikan ke dalam ruang pendingin karena adanya perbedaan temperature serta pengaruh penyinaran matahari.

Beberapa faktor yang menentukan beban pendingin adalah:

- a) Ukuran dari ruang pendingin
- b) Tipe dari produk yang akan didinginkan
- c) Temperature dari produk ketika dimasukkan kedalam ruang pendingin

- d) Temperature optimum *storage* yang dipakai untuk mendinginkan produk
- e) Letak atau lokasi dari ruang pendingin
- f) Karakteristik peralatan pendingin

Untuk menentukan beban pendingin maka dibutuhkan beberapa perhitungan antara lain sebagai berikut

2.5.1 Beban Produk

Untuk menghitung beban produk maka digunakan persamaan sebagai berikut:

$$q = \frac{m \times c \times \Delta T}{t}$$

Dimana:

- q = Jumlah beban produk (Btu/hr)
- m = Massa produk (pounds)
- ΔT = Perbedaan temperature produk ($^{\circ}F$)
- t = lama waktu pendinginan (hr)

2.5.2 Beban Transmisi

Untuk menghitung beban transmisi maka digunakan persamaan sebagai berikut:

$$q = U \cdot A \cdot (Td)$$

Dimana:

- q = Aliran panas melalui boundary (Btu/hr)
- U = Koefisien perpindahan panas (Btu/ft². $^{\circ}F$.hr)

A = Luas permukaan dinding (ft²)

Td = Perbedaan temperature (°F)

2.5.3 Beban Infiltrasi

Untuk menghitung beban ifiltrasi maka digunakan rumus sebagai berikut:

$$Q = \text{laju infiltrasi} \left(\frac{L}{s} \right) \times \text{perubahan entalpi} \left(\frac{kJ}{L} \right)$$

Dimana:

Q = Panas infiltrasi (Btu/hr)

Faktor pengganti dan untuk menentukan laju infiltrasi dapat digunakan table berikut dengan mengacu pada besarnya volume muat:

Table 1 Average air infiltration rates in L/s due to door

Room Volume (m ³)	Infiltration rate (L/s)	
	Rooms Above 0°C	Rooms Below 0°C
7	3.1	2.3
8.5	3.4	2.6
10	3.7	2.8
15	4.4	3.3
20	5	3.8
25	5.5	4.2
30	5.9	4.6
40	6.8	5.4

50	7.5	5.8
75	9	6.9
100	10.2	7.9
150	12.2	9.4
200	13.9	10.9
250	15.3	11.9
300	16.7	12.9
400	19	14.9
500	21.4	16.8
600	23.6	18.1
700	24.3	18.6
800	25.9	20.4
900	27.1	21.9
1000	28.9	23.1
1100	34.6	27.4
1200	37.2	29.5
1300	39.8	31.5
1400	42.5	33.6
1500	45.1	35.7

2.5.4 Beban Radiasi

Untuk menghitung beban radiasi maka digunakan persamaan sebagai berikut:

$$q = \sigma \cdot A \cdot (T_1^4 - T_2^4)$$

Dimana:

- q = aliran panas radiasi (Btu/hr)
- σ = konstanta boltzmann ($5,67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \text{ K}^4$)
- A = luas permukaan dinding atau atap (m^2)

- T1 = temperature udara luar(lingkungan)
T2 = temperature didalam ruangan pendingin (°C)

2.6. Sistem Refrigeran di Ruang Palka

Kapal penangkap ikan merupakan sarana apung yang memiliki geladak dan rumah geladak atau salah satunya, serta memiliki peralatan khusus yang dipergunakan untuk menangkap ikan, mengumpulkan dan mengangkat ikan dan, atau mengolah ikan hasil tangkapan.

Macam-macam kapal perikanan berdasarkan material pembuatannya, antara lain :

- a) kapal kayu.
- b) kapal besi.
- c) kapal fibre.
- d) kapal laminasi.
- e) Kapal Alumunium.

Sistem pendinginan pada kapal ikan ada dua cara, yaitu sistem pendinginan dengan menggunakan es dan sistem pendinginan dengan menggunakan mesin pendingin.

Sistem pendinginan dengan es jarang dipakai sebab harganya mahal. Sebenarnya pemakaian es dalam pengawetan ikan sangat baik, karena hal-hal berikut :

- Es sanggup mendinginkan ikan dengan cepat, panas dari ikan ditarik keluar sehingga ikan cepat dingin dan pembusukan terhambat.

- Es berasal dari air sehingga tidak akan menimbulkan kesulitan apa-apa dan tidak membahayakan kesehatan orang.
- Es melindungi ikan dari kekeringan.
- Es mudah dibuat dan diperoleh.

Perpindahan Kalor / Panas

Kalor dapat diangkut dengan tiga macam cara yaitu:

- Pancaran / radiasi, yaitu perpindahan kalor melalui gelombang dari suatu zat ke zat yang lain.
- Hantaran / konduksi, yaitu pengangkutan kalor melalui satu jenis zat.
- Aliran / radiasi, yaitu pengangkutan kalor oleh gerak dari zat yang dipanaskan.

Panas yang berkonduksi melalui material (wadah/ peti/ storage/ palka/ fish hold) tergantung pada 4 faktor:

1. Luas sisi wadah
2. Tebal Pelat sisi peti
3. Jenis Material palka yang digunakan.
4. Selisih suhu antara luar dan fish hold

2.7. Dinamika Sistem

Pada tahun 1950-an Jay W. Forrester memperkenalkan metode dinamika system yang berhubungan dengan penelitian terhadap pengaruh dari perubahan waktu. Pada dasarnya dinamika sistem ini adalah mempelajari mengenai hubungan timbal balik atau sebab akibat dalam penyelesaian dan pemodelan dari beberapa sistem yang kompleks. Sebagai dasar

dalam mengenali dan memahami tingkah laku dinamis sistem tersebut, sedangkan permasalahan yang mungkin diselesaikan dengan metode dinamika sistem ini adalah masalah yang:

- a. Mempunyai sifat dinamis (berubah terhadap waktu)
- b. Fenomena terjadi yang paling sedikit yang memiliki satu struktur umpan balik (*feed back structure*)

Dengan pemodelan simulasi dinamika sistem memungkinkan tidak hanya melihat peristiwa tetapi dinamika sistem juga dapat melihat pola perilaku dinamika dari waktu ke waktu. Perilaku dari sebuah sistem yang sering muncul dari struktur sistem itu sendiri dan perilaku biasanya berubah seiring waktu. Kadang-kadang terlihat simulasi mundur untuk hasil sejarah. Pada waktu lain tampak maju ke masa depan, untuk memprediksi hasil di masa depan. Dengan menggunakan metode sistem dinamik dapat menganalisa hubungan sebab akibat dari satu komponen ke komponen yang lainnya berdasar fungsi serta faktor-faktor lainnya terhadap keseluruhan sistem yang kompleks. Dengan adanya metode sistem dinamik ini serta dapat menganalisa hubungan sebab akibat antar komponen, kita dapat mengambil keputusan yang tepat mengenai bagaimana sistem manajemen perawatan yang baik untuk komponen-komponen yang ada terhadap keberlangsungan proses di dalam sistem yang lebih kompleks untuk meminimalisir kegagalan ataupun kerusakan yang dapat terjadi pada komponen-komponen pada sistem.

Dalam metode sistem dinamik konsep sistem yang berlaku mengacu pada sistem yang tertutup (*closed system*) atau sistem yang mempunyai umpan balik (*feedback system*). Struktur yang terbentuk dari loop umpan balik tersebut akan menghubungkan sebuah keluaran pada suatu periode tertentu dengan masukan pada periode yang akan datang. Jadi sistem

umpan balik yang ada pada akhirnya memiliki kemampuan untuk mengendalikan dirinya sendiri dalam mencapai tujuan tertentu yang diidentifikasinya sendiri. Loop yang menjadi kerangka dasar sistem dinamis tersebut dapat merupakan rangkaian tertutup yang menghubungkan masing-masing komponen atau sektor yang terkait yang dalam sistem nyata secara komprehensif dan runtut. Komprehensif mengindikasikan bahwa setiap komponen yang memiliki kompetensi terhadap obyek pengamatan akan dimodelkan dalam loop tertutup tersebut. Adapun komponen yang dimaksud meliputi variabel keputusan yang bertindak sebagai pengendali tindakan level (state) dari suatu system. Simulasi sistem dinamik didasarkan pada prinsip cause and effect, feedback, and delay. Beberapa simulasi sederhana akan menggabungkan hanya satu atau dua prinsip. Kebanyakan simulasi yang rumit akan menggunakan semua prinsip sesuai sifat yang ada di dunia nyata.

2.7.1. Tujuan Model Dinamika Sistem

Model sistem dinamis bukan dibuat hanya untuk memberikan proses peramalan atau prediksi semata, tetapi lebih jauh dari itu sistem dinamis ditujukan untuk memahami karakteristik dan perilaku mekanisme proses internal yang terjadi dalam suatu sistem tertentu. Sistem dinamis sangat efektif digunakan pada sistem yang membutuhkan tingkat pengelolaan akan data yang banyak dengan baik. Dengan fleksibilitas yang dimiliki maka hal ini akan membantu dalam melakukan proses formulasi model, penentuan batasan model,

validasi model, analisis kebijakan, serta penerapan model. (Cavana, 2000)

2.7.2. Cara Kerja Dinamika Sistem

Dinamika sistem bekerja berdasarkan prinsip hubungan sebab akibat dengan feedback dan atau delay, tergantung sistem tersebut apakah kompleks atau sederhana. Dimana ketika keputusan dirubah maka konsekuensinya pun akan berubah pula. Sehingga dapat mensimulasikan beberapa kemungkinan konsekuensi dari pengoperasian sistem dan keputusan perawatan yang akan dibuat.

2.7.3. Casual Flow Diagram

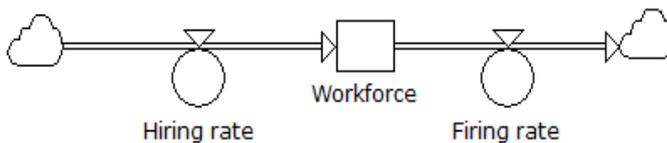
Kejadian dalam sebuah sistem selalu berubah dipengaruhi dan berhubungan dengan faktor lingkungan. Hubungan yang positif menunjukkan bahwa terjadi hubungan pertambahan antara beberapa aspek yang berkaitan, sedangkan hubungan negatif menunjukkan hubungan yang mengurangi antara beberapa aspek yang berkaitan (Handhani, 2013).

2.7.4. Building Block Sistem Dinamik pada Powersim Studio 2008

Pada software powersim 2008 tool yang akan digunakan adalah level, auxiliary, serta constant. Dimana semua tool tersebut memiliki fungsi masing-masing untuk

merepresentasikan perumusan matematis serta analogi model yang akan dibuat. Selain itu setiap variabel dalam model didefinisikan oleh sebuah persamaan, dengan cara yang sama seperti sel-sel dalam spreadsheet yang ditetapkan. Dimana penjelasan dari masing-masing tool tersebut adalah :

a. Flows dan Levels



Gambar 4 Flow and level

Sumber: Manual Book Powersim 2005

Kombinasi flow dan level bertujuan untuk mengetahui tingkat akumulasi arus yang menyebabkan perubahan dari level. Selain itu berfungsi untuk mengintegrasikan fungsi yang mana hanya dapat mengukur daerah dibawah fungsi dengan menjadi dua sama lebar dari bagian bawah dan kemudian menyimpulkan semua daerah bagian tersebut. Disamping itu kombinasi ini dapat dijadikan sebagai fungsi waktu sehingga pada level akan menunjukkan hasil dari fungsi rate.

b. Auxiliary

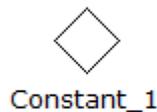


Gambar 5 auxiliary pada Powersim studio

Sumber: manual book powersim 2005

Auxiliary merupakan tool pada powersim yang digunakan untuk merumuskan serta menggabungkan informasi. Yang mana tidak memiliki bentuk standar, tapi merupakan perhitungan aljabar kombinasi bertingkat serta laju aliran meskipun auxiliary dapat digunakan untuk bahasa perhitungan namun auxiliary tidak dapat membagi hasil seperti level, dimana auxiliary hanya dapat menghasilkan nilai yang pasti dari bahasa perhitungan yang telah ditentukan sebelumnya. (Kusuma, 2012)

c. Constant



Gambar 6 Constant pada Powersim Studio

Sumber: Manual Book Powersim 2005

Constant Merupakan tool pada powersim yang digunakan untuk memberikan informasi atau sebagai inputan nilai yang akan memberikan informasi kepada sistem dengan nilai yang tetap. Dengan menggabungkan keseluruhan tool diatas maka kita akan mendapatkan suatu sistem penyampaian informasi untuk menganalisa suatu pemodelan yang akan dibuat sehingga hasil yang akan diharapkan dapat dipecahkan. Berikut ini contoh penggabungan tools tersebut. Dari beberapa tool diatas kita dapat membuat berbagai bentuk pemodelan yang akan dipecahkan. Dengan memasukkan informasi ke dalam masing-masing tool, baik itu berupa perumusan atau nilai angka, maka hasil yang akan didapat dapat berupa grafik, diagram, hasil perhitungan ataupun tabel waktu. Semua item tersebut terdapat pada menu software powersim 2005. Pada analisa ini penulis akan menampilkan hasil analisa berupa grafik serta tabel waktu. (Kusuma, 2012).

2.8 Konsep Pengujian Model

Untuk memastikan dan membuktikan model simulasi yang dibuat sesuai dan merepresentasikan sistem nyata maka dilakukan mekanisme pengujian model atau validasi model. Terdapat beberapa teknik pengujian yang dapat diimplementasikan pada model sistem dinamik.

a) Uji Struktur Model

Uji struktur model yaitu sejauh mana keserupaan struktur model mendekati struktur model. Keserupaan ditunjukkan dengan sejauh mana interaksi variabel model dapat

menirukan interaksi kejadian nyata. Ada dua jenis validitas struktur yaitu validitas konstruksi dan kestabilan struktur. Validitas struktur yaitu keyakinan terhadap konstruksi model valid secara ilmiah atau didukung/diterima secara akademis. Kestabilan struktur yaitu keberlakuan atau kekuatan (robustness) struktur dalam dimensi waktu (Aminullah, et al., 2001).

b) Uji Parameter Model

Uji parameter model dilakukan untuk mengetahui konsistensi nilai parameter yang ada dalam model. Uji parameter model dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu validasi variabel input dan validasi logika dalam hubungan antar variabel. Validasi variabel input dilakukan dengan membandingkan data historis dengan data yang dimasukkan ke dalam model. Validasi logika antar variabel dilakukan dengan mengecek logika yang ada dalam sistem baik input maupun output (Maftuhah, 2013).

c) Uji Kecukupan Batasan (Boundary Adequacy Test)

Uji kecukupan batasan menilai kecukupan dari batasan model terhadap tujuan yang ada. Uji kecukupan batasan dapat dilakukan dengan mengacu pada diagram sebab akibat. Ketika batasan model telah terbentuk melalui diagram sebab akibat, maka dilakukan pengujian terhadap variabel-variabel sistem apakah memiliki pengaruh yang signifikan terhadap tujuan model. Apabila variabel tersebut tidak memiliki pengaruh yang signifikan maka tidak perlu dimasukkan ke dalam model (Serman, 2004).

d) Uji Kondisi Ekstrim

Sebuah model harus tahan terhadap kondisi ekstrim. Tahan dalam kondisi ekstrim memiliki pengertian bahwa model harus memiliki perilaku yang realistis dalam kondisi apapun. Uji kondisi ekstrim dapat dilakukan dalam dua cara yaitu dengan melakukan pengecekan secara langsung pada equation model dan melalui simulasi. Pada cara pengecekan langsung pada equation model, dilakukan pemeriksaan apabila input dari equation diberikan nilai maksimum dan minimum apakah output yang dihasilkan masih layak dan *feasible*. Pada cara simulasi, diberikan kondisi ekstrim sebagai salah satu skenario. Dari sini, dilakukan simulasi model dan dilihat bagaimana perilaku dari parameter yang ada dalam model apakah menunjukkan perilaku yang masih layak dan *feasible*. (Stermann, 2004).

e) Uji Perilaku Model/Replikasi

Uji perilaku model/replikasi dilakukan untuk mengetahui bagaimana perilaku dari model apakah sudah sama dengan perilaku kondisi yang sesungguhnya. Pengujian dilakukan pada output sejumlah replikasi dan dibandingkan dengan data sebenarnya (Barlas, 1996).

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB III

METODOLOGI

3.1. Umum

Metodologi adalah sebuah kerangka dasar atau alur untuk mengerjakan sesuatu, dalam hal ini pengerjaan skripsi. Dalam pengerjaan skripsi ini dibutuhkan beberapa tahapan untuk menggambarkan proses yang dimulai dari perumusan masalah yang ada sampai pada hasil akhir atau tujuan pengerjaan skripsi ini.

3.2. Metodologi Penelitian

Pada Metodologi membahas semua tahapan pengerjaan skripsi yang kemudian pada Gambar 4.1 Diagram Alir Skripsi.

3.3. Perumusan Masalah

Perumusan masalah merupakan tahap awal dalam pelaksanaan skripsi. Tahap ini merupakan tahap yang sangat penting, dimana pada tahap inilah mengapa suatu permasalahan yang ada harus dipecahkan sehingga layak untuk dijadikan bahan dalam skripsi. Pencarian masalah dilakukan dengan cara menggali informasi mengenai masalah yang terjadi pada saat ini. Dari tahap ini juga, tujuan mengapa skripsi ini dikerjakan dapat diketahui. Dalam skripsi ini, masalah yang akan dibahas dan dipecahkan adalah mengenai pemodelan sistem rantai dingin ikan beku yang ada di maluku, dengan

adanya skripsi ini diharapkan dapat menjadi bahan landasan untuk membuat suatu kebijakan rantai dingin ikan beku di Maluku.

3.4. Studi Literatur

Setelah suatu permasalahan sudah diketahui, maka selanjutnya adalah studi literatur. Dimana pada tahap ini, dicari dan dipelajari mengenai permasalahan yang ada, sehingga jelas apa saja yang harus dilakukan dalam skripsi ini agar permasalahan tersebut dapat terpecahkan. Studi literatur dapat dilakukan dengan cara membaca paper atau jurnal yang berhubungan dengan permasalahan yang akan dipecahkan. Studi literatur pada skripsi ini dilakukan dengan mengumpulkan bahan referensi untuk dipelajari sebagai bahan pendukung yang sangat penting untuk kegiatan penelitian ini. Kegiatan yang dilakukan meliputi:

- Pencarian beberapa jurnal ataupun paper yang berhubungan dengan Sistem Rantai Dingin (Cold Chain);
- Mencari materi tentang *cold storage for frozen fish*
- Teknologi pendinginan pada ruang palka kapal;
- Metode Sistem Dinamik;
- Simulasi menggunakan software Powersim.

3.5. Pengumpulan Data

Pada tahapan ini penulis membutuhkan beberapa data pendukung untuk proses penyusunan skripsi, adapun data yang penulis perlukan antara lain:

- Data produksi ikan;

- Data alat tangkap
- Data kapal yang beroperasi
- Data statistik hasil tangkapan

3.6. Simulasi Powersim

Data yang diperoleh kemudian dibuat pemodelan dinamika sistem dengan menggunakan bantuan software PowerSim 2008 dari beberapa model sistem rantai dingin yang telah dibuat kemudian dimodelkan menggunakan software Powersim 2008.

3.7. Validasi

Tahap validasi merupakan tahap untuk memastikan apakah model yang dibuat benar-benar merepresentasikan kondisi objek amatan sebenarnya. Proses validasi model dapat dilakukan dengan cara diskusi dengan pihak ahli untuk memastikan bahwa model yang telah dibuat benar dan sesuai dengan sistem riil. Selain itu, validasi juga dilakukan dengan cara pengujian hasil simulasi dengan data riil.

3.8. Analisa hasil

Setelah pemodelan tersebut kemudian dianalisa, model mana yang paling tepat diterapkan untuk sistem rantai ikan segar yang ada di Maluku berdasarkan kapasitas kapal yang dapat ditampung PPN, PPI, data kapal yang mengangkut ikan serta permintaan ekspor ikan segar.

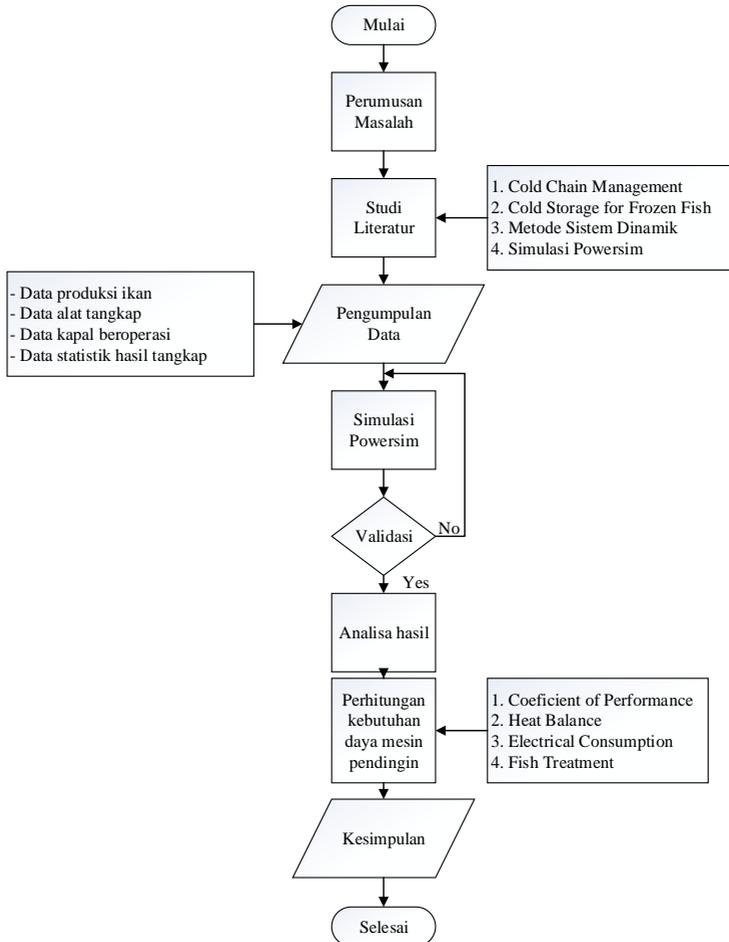
3.9. Perhitungan desain refrigerant

Pada bagian ini untuk mendesain refrigerant pada kapal pengumpul, parameter yang diterapkan diantaranya adalah

1. Menghitung isolasi ruang muat
2. Perhitungan koefisien perpindahan panas pada masing-masing ruang muat
3. Perhitungan beban pendingin
 - a. Beban Produk
 - b. Beban Transmisi
 - c. Beban Ilfiltrasi
 - d. Beban Radiasi

3.10. Kesimpulan

Pada akhir pengerjaan skripsi ini adalah dilakukan analisa kesimpulan dari seluruh hasil pekerjaan skripsi ini. Kesimpulan yang dihasilkan merupakan jawaban dari permasalahan yang diketengahkan pada skripsi ini dan merupakan rangkuman dari proses penelitian serta pengolahan data yang telah dilakukan.



Gambar 7 Metodologi Penelitian

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB IV

PERANCANGAN MODEL SIMULASI

4.1. Identifikasi Sistem Amatan

4.1.1. Umum

Sistem rantai dingin (*cold chain management system*) adalah salah satu bagian dari rantai suplai (*supply chain*), tujuan utama dari sistem rantai dingin adalah menjaga kestabilan temperature agar produk tetap terjaga selama proses distribusi. Rantai suplai atau rantai pasok erat kaitannya dengan distribusi dari hulu menuju hilir. Pada skripsi ini objek kajiannya adalah ikan beku yang diekspor dari Maluku. Dalam meunjang visi Kementerian Kelautan dan Perikanan pada 2030 menjadikan Provinsi Maluku menjadai lumbung ikan nasional, perlu dibuat sistem rantai dingin dari hulu(penangkapan) sampai hilir(negara tujuan). Pemodelan ini akan menggunakan metode sistem dinamik dengan bantuan *software* Powersim.

4.1.2. Kondisi Umum Maluku

Sebagai salah satu provinsi kepulauan, Maluku memiliki luas wilayah 581.367 km² yang terdiri dari lautan sebesar 527.191 km² dan daratan 54.185 km². Dengan kata lain, 90% wilayah provinsi Maluku adalah lautan, yang di dalamnya terdapat potensi sumberdaya perikanan sebesar 1.640.160 ton/tahun sesuai dengan hasil kajian Badan Riset Kelautan dan Perikanan

bekerjasama dengan Pusat Penelitian dan Pengembangan Oceanologi Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI) pada tahun 2001. Potensi sumberdaya hayati perikanan dimaksud terdiri dari pelagis, demersal dan biota laut lainnya yang perlu dieksploitasi secara optimal (DKP Provinsi Maluku 2008).

Table 2 Potensi Perikanan Tangkap Maluku

No	Kabupaten/ Kota	Uraian	Potensi (ton/thn)	Komoditas Unggulan
1	Kota Ambon	Laut PUD		Tuna, Cakalang, Layang, Kerapu
2	Maluku Tengah (WPP-RI 714 & WPP-RI 715)	Laut PUD		Tuna, Cakalang, Layang, Kerapu
3	Maluku Tenggara (WPP-RI 714 & WPP-RI 718)	Laut PUD		Tuna, Cakalang, Layang, Kerapu
4	Maluku Tenggara Barat	Laut PUD Laut	WPP-RI 714: 248,4	Tuna, Cakalang, Layang, Kerapu
5	Buru	PUD		Tuna, Cakalang, Tenggli, Layang, Kerapu, Kuwe, Mujair, Nila, Mas
6	Seram Bagian Barat	Laut PUD Laut	WPP-RI 715: 587,00	Tuna, Tongkol, Cakalang
7	Seram Bagian Timur	PUD		Tuna, Cakalang, Tongkol, Julung-julung, Baronang, Kerapu, Udang
8	Kepulauan Aru (WPP-RI 718)	Laut PUD	WPP-RI 718: 1.430.600	Tuna, Cakalang, Tenggli, Layang, Kembung, Kuwe, Kerapu, Kakap, Udang
9	Kota Tual	Laut PUD		Tuna, Cakalang, Tenggli, Layang, Kembung, Kuwe, Kerapu, Kakap
10	Maluku Barat Daya (WPP-RI 714 & WPP-RI 718)	Laut		Tuna, Cakalang, Kerapu, Kakap, Kembung, Lalosi, Layang.

Sumber: Dirjen Perikanan Tangkap Kementerian Kelautan dan Perikanan (2010).

4.1.3. PPN Ambon

Pelabuhan Ambon merupakan pelabuhan utama di Maluku untuk melakukan proses ekspor ikan. Di PPN Ambon ini sudah terdapat fasilitas penunjang kegiatan ekspor ikan antara lain,

dermaga dapat menampung kapal sampai 1000 GT, fasilitas cold storage, fasilitas unit pengolahan ikan, dsb. Pada tahun 2011 jumlah pendaratan ikan di PPN Ambon melebihi target yang ditetapkan sebesar 113,51%, kondisi ini juga dialami pada nilai produksinya yang melebihi target sebesar 131,61%. Jumlah ekspor dan nilainya masing-masing mencapai 125,97% dan 318,39% dari target yang ditetapkan. Jumlah frekuensi kapal belum mencapai targetnya pada tahun tersebut di mana kondisi ini disebabkan penertiban aktivitas kegiatan bongkar muat di PPN Ambon. Indikator PNBP pada tahun 2011 berhasil dicapai oleh PPN Ambon sesuai target.

Table 3 Indikator kinerja PPN Ambon

Indikator Kegiatan Utama	Satuan	Target	Realisasi
Jumlah Ikan Yang Dendaratkan	Volume (Ton)	63.442	72.012
	Nilai (Rp.)	610.218.578.935	803.080.707.500
Ekspor	Volume (Ton)	55.271	69.627
	Nilai (Rp.)	521.494.462.131	1.660.368.069.000
Frekuensi Kunjungan Kapal	(Kali)	11.343	10.563
PNBP	(Rp.)	513.991.000	515.478.750

Sumber : PPN Ambon 2012

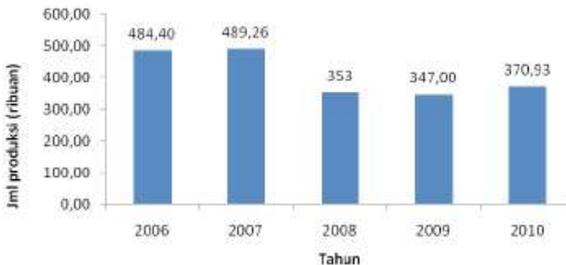
4.1.4. Hasil Tangkapan Ikan

Sebagian besar hasil tangkapan di Maluku disominasi oleh ikan Tuna, Tongkol dan Cakalang. Tuna adalah komoditas yang paling banyak di ekspor ke luar negeri.

Hasil tangkapan nelayan seharusnya didaratkan terlebih dahulu ke TPI(Tempat Pelelangan Ikan) untuk didata oleh PPI(Pelabuhan Pendaratan Ikan) setempat, akan tetapi banyak masyarakat yang langsung menjualnya sendiri melalui *transshipment*, yang mengakibatkan data statistik di PPI maupun PPN tidak akurat.

4.1.5. Produksi Ikan

Selama periode 2006-2010, jumlah produksi ikan di Provinsi Maluku sangat berfluktuasi. Produksi terendah pada periode itu mencapai nilai 353 ribu ton yaitu pada tahun 2008, dimana produksi ikan menurun hingga 27,95% dan terulang pada tahun 2009 sebesar 1,57%, akan tetapi kembali meningkat pada tahun 2010 mencapai 6,90%.



Gambar 4.1

Jumlah Produksi Perikanan di Provinsi Maluku 2006-2010

Sumber : Dinas Kelautan dan Perikanan Provinsi Maluku, 2010

Gambar 8 Produksi Perikanan di Provinsi Maluku

Produksi perikanan tangkap di Provinsi Maluku didominasi dari Kota Ambon dan Kabupaten Maluku Tengah. Jumlah produksinya pada tahun 2010 masing-masing mencapai 27,21% dan 22,34%. Produksi perikanan tangkap dari perairan laut secara garis besar terdiri dari kelompok ikan pelagis, kelompok ikan demersal, dan kelompok non-ikan (krustacea dan moluska). Produksi ikan ekonomis penting pada kelompok ikan pelagis didominasi oleh 5 jenis ikan, yaitu: cakalang, tongkol komo, kembung, tembang dan gulama/tiga waja. Sementara, untuk kelompok ikan demersal, produksi ikan yang bernilai ekonomi pentingnya didominasi oleh jenis ikan: kuwe, lencam, kakap merah, beloso/buntut kerbo dan biji nangka. Selanjutnya, untuk kelompok non-ikan yang bernilai ekonomis penting, produksinya didominasi oleh jenis: rajungan dan udang putih/jerbung (krustacea) serta cumi-cumi (moluska).

Table 4 Jumlah produksi perikanan tangkap menurut kabupaten/kota

Kabupaten/Kota	Produksi (ton)
Kota Ambon	100.922,4
Kab. Maluku Tengah	82.860,5
Kab. Seram Bagian Barat	20.676,4
Kab. Seram Bagian Timur	10.764,9
Kab. Buru	20.242,8
Kab. Maluku Tenggara	62.625,8
Kab. Maluku Tenggara Barat	8.088,9
Kab. Kepulauan Aru	64.747,7
Jumlah	370.929,4

Sumber: Dinas Kelautan dan Perikanan Provinsi Maluku, 2010

4.1.6. Proses Pengolahan

Berdasarkan cara atau metode pengolahannya jenis pengolahan ikan dapat dikelompokkan menjadi 10 jenis, yaitu: pengolahan ikan segar, pengalengan, pembekuan, penggaraman/pengeringan, pemindangan, pengasapan, fermentasi, pereduksian, surimi, dan pengolahan lainnya. Selanjutnya, aktivitas usaha pengolahan hasil perikanan di provinsi Maluku secara umum masih didominasi oleh usaha skala kecil dan menengah dengan segala keterbatasannya, diantaranya: lemah dalam pemodalannya, teknologi dan informasi, manajemen dan pemasaran, bersifat subsisten, dan tersebar secara parsial.

Pembekuan dimaksudkan untuk mengawetkan sifat-sifat alami ikan. Pembekuan menggunakan suhu yang lebih rendah (-12°C sampai -30°C), yaitu jauh dibawah titik beku ikan. Pembekuan mengubah hampir seluruh kandungan air pada ikan menjadi es, tetapi pada waktu ikan beku dilelehkan (thawing) kembali untuk digunakan, keadaan ikan harus kembali seperti sebelum dibekukan. Dalam proses pembekuan, bentuk/besar ikan, cara dan kecepatan pembekuan, turut mempengaruhi mutu, penampilan (appearance) dan biaya pembekuan. Pada pembekuan komersial dikenal dua penggolongan yaitu Pembekuan lambat (slow freezing) dan pembekuan cepat (quick freezing). Fasilitas pembekuan pun beragam, secara umum proses pembekuan dapat menggunakan air blast freezer, contact plate freezer, immersion freezer, dan jenis lainnya. Setelah proses pembekuan diperlukan ruangan penyimpanan dingin atau beku yang biasa disebut cold storage. Cold Storage mampu menjaga kualitas produk beku tetap prima dalam jangka waktu yang lama.

Unit Pengolahan Ikan (UPI) pembekuan di Provinsi Maluku berjumlah 23 UPI. UPI pembekuan di Provinsi Maluku ini tersebar pada 5 Kabupaten/Kota. Tabel 3 menyajikan sebaran UPI pembekuan di Provinsi Maluku.

Table 5 Persebaran Industri Cold Storage

No.	Nama Kabupaten/Kota	Pembekuan
1	Kota Ambon	12
2	Kab. Maluku Tengah	4
3	Kab. Kepulauan Aru	3
4	Kab. Seram Bagian Timur	3
5	Kota Tual	1
Jumlah		23

Sumber: Statistik Pengolahan dan Pemasaran Hasil Perikanan (P2HP) Provinsi Maluku Tahun 2011

4.2. Identifikasi Sistem Rantai Dingin Ikan Beku di Maluku

Identifikasi sistem bertujuan untuk mengetahui elemen-elemen yang terlibat didalam sistem dan hubungan nyata antar elemen tersebut. Pengidentifikasian elemen-elemen diharapkan dapat digunakan dalam pemodelan sistem, sehingga dapat mencerminkan kondisi *real system*.

4.2.1. Ikan Cakalang

Ikan cakalang termasuk dalam famili Scombridae dengan nama latin *Katsuwonus pelamis* (Linnaeus, 1758) atau lebih sering dikenal dengan Skipjack tuna. Ikan ini merupakan salah satu jenis ikan pelagis besar yang bernilai ekonomis penting. Daerah penyebaran ikan cakalang berada hampir di seluruh perairan Provinsi Maluku. Pendaratannya dilakukan pada Kabupaten/Kota Ambon, Maluku Tengah, Seram bagian barat, Seram bagian Timur, Buru, Maluku Tenggara, Maluku Tenggara Barat, dan Kepulauan Aru.

Table 6 Produksi Ikan Cakalang di Maluku, 2010

Kabupaten/Kota	Produksi (Ton)	Nilai Produksi (Rp 1.000,-)
Kota Ambon	9.659,3	48.296.500
Kab. Maluku Tengah	20.254,5	60.763.500
Kab. Seram Bagian Barat	1.233,3	3.699.900
Kab. Seram Bagian Timur	764,0	2.674.000
Kab. Buru	1.768,4	5.305.200
Kab. Maluku Tenggara	201,2	2.515.000
Kab. Maluku Tenggara Barat	101,2	20.000
Kab. Kepulauan Aru	1.970,5	11.823.000
Jumlah	35.952,4	135.097.100

Sumber: Dinas Kelautan dan Perikanan Provinsi Maluku, 2010

4.2.2. Pelaku Sistem Rantai Dingin Ikan Beku

Penjabaran pelaku-pelaku yang terlibat dan menjadi fokus amatan pada penelitian ini dapat digambarkan pada *Big Picture*

Mapping (BPM) pada gambar 4.1. Fokus penelitian ini terdiri atas nelayan, kapal pengumpul, PPN Ambon dan industri pengolahan ikan.



Gambar 9 Big Picture Mapping Penelitian

Penjelasan masing-masing pelaku terdiri atas:

1. Nelayan

Nelayan dalam penelitian ini berperan sebagai *supplier* penghasil bahan baku ikan yang selanjutnya akan diolah oleh industry pengolahan ikan. Pengklasifikasian nelayan bertujuan untuk memperjelas kondisi nelayan seperti yang terjadi di lapangan. Dasar pengklasifikasian nelayan adalah jenis kapal yang digunakan. Jenis kapal yang digunakan adalah:

1. Nelayan Pukat Cincin (*Purse Seine*)
2. Nelayan Huhate (*Pole and line*)
3. Nelayan

Kemampuan tangkap setiap unit penangkapan tidak sama, untuk menghindari perbedaan kemampuan tangkap tiap kapal perlu dilakukan standarisasi. Hal ini dapat dilakukan jika kapal-kapal tersebut melakukan operasi penangkapan pada waktu dan tempat yang sama.

Data yang digunakan dalam analisis ini adalah *time series* data produksi dan jumlah alat tangkap selama 6 tahun (2005-2010).

2. Kapal Pengumpul

Kapal pengumpul digunakan sebagai *buffer storage* serta penyuplai akomodasi nelayan selama dilaut, sehingga operasi nelayan lebih lama dilaut yang berakibat naiknya produksi ikan. Kapal pengumpul dalam kondisi riil belum tersedia, sehingga hal ini merupakan salah satu usulan dalam penelitian ini.

3. PPN Ambon

Seperti yang sudah dijelaskan sebelumnya, bahwa pada PPN Ambon terdapat TPI(Tempat Pelelangan Ikan) serta UPI(Unit Pengolahan Ikan), PPN Ambon sendiri selayaknya menjadi tempat tujuan utama nelayan mendaratkan ikan, karena hal ini berpengaruh pada data statistic penangkapan yang nantinya dijadikan bahan evaluasi serta pengambilan keputusan dan juga dengan pendaratan ikan di PPN Ambon akan menaikkan pendapatan asli daerah(PAD).

4. Industri Pengolahan Ikan

Industri pengolahan ikan adalah industri-industri yang mengolah bahan baku menjadi bahan jadi.

5. Konsumen

Konsumsi hasil perikanan terbagi menjadi 3, yaitu konsumsi untuk ekspor, local dan konsumsi lainnya.

4.2.3. Potensi Hasil Laut Maluku

Potensi hasil laut Maluku terdiri atas beberapa jenis ikan yang menjadi andalan. Hasil laut yang dominan dan menjadi produk andalan di Maluku antara lain: Tongkol, Tuna dan Cakalang(TTC), dengan data sebagai berikut:

Table 7 Hasil laut yang menjadi andalan Provinsi Maluku

Jenis ikan	2011	Kondisi yang diinginkan		
		2012	2013	2014
Ikan Tuna				
•Mutu 1	24,80	28,80	32,80	36,80
•Mutu 2	75,20	71,20	67,20	63,20
•Mutu 3	0,00	0,00	0,00	0,00
Ikan Tongkol				
•Mutu 1	33,30	36,30	39,30	42,30
•Mutu 2	66,70	63,70	60,70	57,70
•Mutu 3	0,00	0,00	0,00	0,00
Ikan Cakalang				
•Mutu 1	41,60	44,10	46,60	49,10
•Mutu 2	58,40	55,90	53,40	50,90
•Mutu 3	0,00	0,00	0,00	0,00

4.2.4. Strategi Pemerintah

Pemerintah merencanakan Provinsi Maluku menjadi Lumbung Ikan Nasional (LIN) pada 2030. hal ini tentunya perlu ada pengkajian lebih lanjut mengenai alat tangkap yang boleh

beroperasi di laut, karena berpengaruh pada populasi ikan yang ada.

Data menunjukkan bahwa telah terjadi *overfishing* pada WPP 714 dikarenakan kelebihan penangkapan yang diijinkan. Produksi meningkat disatu waktu akan tetapi akan berakibat menurunnya tingkat pertumbuhan ikan pada wilayah tertentu.

4.3. Konseptualisasi Model

Konseptual model terdiri dari beberapa tahapan, yakni Identifikasi Variabel, Input-Output Diagram serta pembuatan *Causal Loop Diagram*.

4.3.1. Identifikasi Variabel

Tahap selanjutnya setelah mengidentifikasi elemen-elemen dalam sistem yaitu, mengidentifikasi variable-variabel yang berpengaruh di dalam sistem. Identifikasi variable dilakukan dengan mempelajari data sekunder dan *brainstorming* dengan beberapa pihak terkait. Selain itu, identifikasi variable juga dilakukan dengan studi literature, sehingga akan didapatkan variable-variabel yang memiliki interaksi atau hubungan sebab akibat terhadap sistem rantai dingin ikan beku di Maluku. Berdasarkan tujuan pada penelitian ini yaitu, membuat usulan sistem rantai dingin yang akan di terapkan di Maluku, maka indikator keberlanjutan dari usulan penelitian ini, yaitu:

1. Stok Ikan Cakalang di Maluku
2. Tingkat Pertumbuhan Ikan Cakalang
3. Tingkat Produksi Ikan Cakalang

4. Jumlah Kapal Pengumpul
5. Pendapatan nelayan

Variabel-variabel diatas merupakan variabel terkait dengan sistem. Berikut ini merupakan identifikasi variabel yang ditunjukkan pada Tabel dibawah ini.

Table 8 Identifikasi Variabel

Submodel Populasi Ikan			
No.	Variabel	Keterangan	Simbol
1	Pertumbuhan	Laju pertumbuhan ikan cakalang	<i>Auxiliary</i>
2	r	Koefisien pertumbuhan	<i>Constant</i>
3	K	Batas ambang populasi ikan yang dapat ditampung di wilayah tersebut	<i>Constant</i>
4	Stok Ikan Cakalang	Stok ikan cakalang yang tersedia	<i>Level</i>
5	Penangkapan	Laju penangkapan ikan	<i>Auxiliary</i>
6	Produksi	Produksi ikan cakalang yang diperoleh dari penangkapan nelayan	<i>Auxiliary</i>

Table 9 Identifikasi Variabel (lanjutan)

Submodel Penangkapan			
No.	Variabel	Keterangan	Simbol
1	Stok	Stok ikan cakalang yang tersedia	<i>Level</i>
2	q PS	Kemampuan tangkapan alat tangkap <i>Purse Seine</i>	<i>Auxiliary</i>
3	q PL	Kemampuan tangkapan alat tangkap <i>Pole and Line</i>	<i>Auxiliary</i>
4	CPUE PS	<i>Catch per Unit Effort Purse Seine</i>	<i>Auxiliary</i>
5	CPUE PL	<i>Catch per Unit Effort Pole and line</i>	<i>Auxiliary</i>
6	CPUE PL 10	<i>Catch per Unit Effort Pole and line tahun 2010</i>	<i>Auxiliary</i>
7	CPUE PL 11	<i>Catch per Unit Effort Pole and line tahun 2011 dan selanjutnya</i>	<i>Auxiliary</i>
8	Indeks	Perbandingan antara CPUE PS dengan CPUE PL	<i>Auxiliary</i>
9	Eff Std PS	Upaya standar <i>Purse Seine</i>	<i>Auxiliary</i>
10	Produksi Cakalang	Jumlah produksi ikan cakalang per tahun	<i>Auxiliary</i>

11	Prod PS	Produksi ikan cakalang <i>Purse Seine</i>	<i>Auxiliary</i>
12	Prod PL	Produksi ikan cakalang <i>Pole and Line</i>	<i>Auxiliary</i>
13	Eff Std PL	Upaya standar <i>Pole and Line</i>	<i>Auxiliary</i>
14	Tot Std Trip	Total standar trip	<i>Auxiliary</i>
15	Eff PL	Upaya <i>Pole and line</i>	<i>Auxiliary</i>
16	Eff PL 10	Upaya <i>Pole and line</i> 2010, 2011, 2012, 2013 dan 2014	<i>Auxiliary</i>
17	Eff PL 15	Upaya <i>Pole and line</i> 2015	<i>Constant</i>
18	PL Ops	Alat tangkap <i>Pole and line</i> yang beroperasi	<i>Auxiliary</i>
19	Unit PL	Jumlah armada <i>Pole and Line</i>	<i>Level</i>
20	Pertumbuhan PL	Laju pertumbuhan <i>pole and line</i>	<i>Auxiliary</i>
21	FR PL	Koefisien pertumbuhan <i>Pole and Line</i>	<i>Auxiliary</i>
22	ABK PL	Jumlah ABK <i>Pole and Line</i>	<i>Auxiliary</i>
23	ABK 1 PL	Jumlah ABK dalam 1 kapal <i>pole and line</i>	<i>Constant</i>
24	Eff PS	Upaya <i>Purse Seine</i>	<i>Auxiliary</i>

25	Eff PS 10	Upaya <i>Purse seine</i> 2010	<i>Auxiliary</i>
26	Eff PS 15	Upaya <i>Purse Seine</i> 2010	<i>Constant</i>
27	PS Ops	<i>Purse Seine</i> yang beroperasi	<i>Auxiliary</i>
28	Unit PS	Jumlah armada <i>Purse seine</i>	<i>Level</i>
29	Pertumbuhan PS	Laju pertumbuhan <i>Purse Seine</i>	<i>Auxiliary</i>
30	FR PS	Koefisien pertumbuhan <i>Purse Seine</i>	<i>Auxiliary</i>
31	ABK PS	ABK <i>Purse Seine</i>	<i>Auxiliary</i>
32	ABK 1 PS	ABK dalam 1 kapal <i>Purse Seine</i>	<i>Constant</i>

Table 10 Identifikasi Variabel (lanjutan)

Submodel Ekonomi Perikanan			
No.	Variabel	Keterangan	Simbol
1	Produksi PS	Laju produksi ikan cakalang dengan alat tangkap <i>purse seine</i>	<i>Auxiliary</i>
2	Produksi PL	Laju produksi ikan cakalang dengan alat tangkap <i>pole and line</i>	<i>Auxiliary</i>

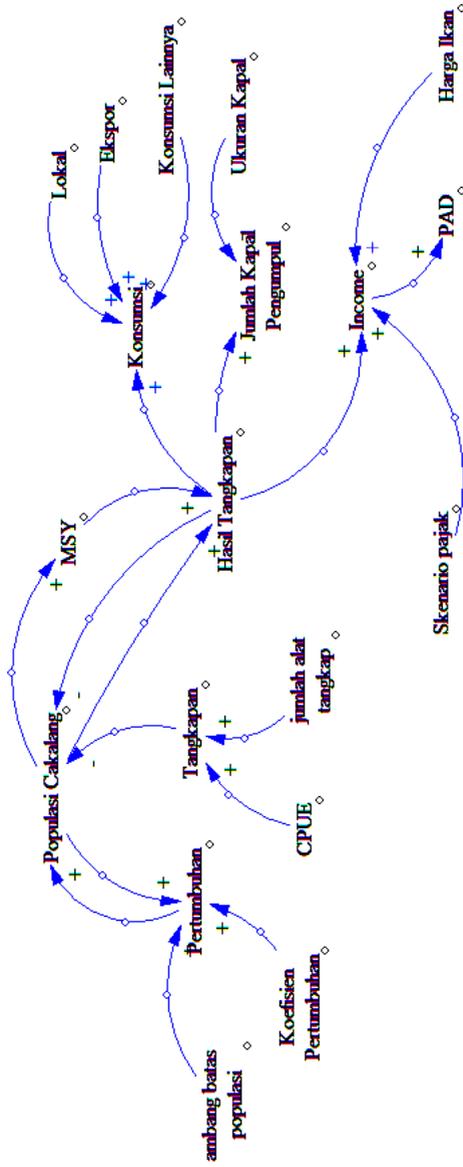
3	Harga cakalang	Harga ikan cakalang di Provinsi Maluku	<i>Constant</i>
4	Pendapatan produksi PS	Pendapatan produksi ikan cakalang dalam rupiah per tahun dengan alat tangkap <i>purse seine</i>	<i>Auxiliary</i>
5	Pendapatan produksi PL	Pendapatan produksi ikan cakalang dalam rupiah per tahun dengan alat tangkap <i>pole and line</i>	<i>Auxiliary</i>
6	Pendapatan bersih PS	Pendapatan bersih pemilik kapal <i>purse seine</i>	<i>Auxiliary</i>
7	Pendapatan bersih PL	Pendapatan bersih pemilik kapal <i>pole and line</i>	<i>Auxiliary</i>
8	Total biaya trip PS	Keseluruhan biaya operasional trip alat tangkap <i>purse seine</i>	<i>Auxiliary</i>
9	Total biaya trip PL	Keseluruhan biaya operasional trip alat tangkap <i>pole and line</i>	<i>Auxiliary</i>
10	Eff PS	Upaya alat tangkap <i>purse seine</i>	<i>Auxiliary</i>
11	Eff PL	Upaya alat tangkap <i>pole and line</i>	<i>Auxiliary</i>
12	Makan ABK PS	Biaya akomodasi ABK <i>purse seine</i>	<i>Auxiliary</i>

13	Makan ABK PL	Biaya akomodasi ABK <i>pole and line</i>	<i>Auxiliary</i>
14	ABK PS	Jumlah ABK <i>purse seine</i> dalam satu kapal	<i>Auxiliary</i>
15	ABK PL	Jumlah ABK <i>pole and line</i> dalam satu kapal	<i>Auxiliary</i>
16	Pendapatan ABK PS	Pendapatan ABK <i>purse seine</i>	<i>Auxiliary</i>
17	Pendapatan ABK PL	Pendapatan ABK <i>pole and line</i>	<i>Auxiliary</i>
18	Bagi hasil ABK PS	Biaya bagi hasil antara pemilik kapal dengan ABK <i>purse seine</i>	<i>Auxiliary</i>
19	Bagi hasil ABK PL	Biaya bagi hasil antara pemilik kapal dengan ABK <i>pole and line</i>	<i>Auxiliary</i>

4.3.2. Causal Loop Diagram

Causal loop diagram menggambarkan hubungan sebab akibat (*causal relationship*) antar variable yang berinteraksi dalam sistem. *Causal loop diagram* disusun berdasarkan kondisi *real* yang ada dilapangan untuk menunjukkan hubungan nyata dalam pemodelan. Dari masing-masing variabel tersebut dapat terjadi hubungan atau keterkaitan dengan variabel lain. Artinya, satu vaiabel dapat mempengaruhi variabel yang lain.

Hubungan tersebut bisa bersifat positif jika penambahan pada satu variabel akan menyebabkan penambahan pada variabel lain, namun begitupula sebaliknya bila penambahan pada satu variabel menyebabkan pengurangan pada variabel lain, maka dapat dikatakan bahwa hubungan antar kedua variabel tersebut adalah negatif. Diagram *causal loop* yang dimaksud adalah pada gambar 4.2.



Gambar 10 Causal Loop Diagram Penelitian

4.4. *Stock and Flow Diagram*

Stock and flow diagram dibuat berdasarkan *causal loops diagram* pada Gambar 10. Tujuan pembuatan *stock and flow diagram* adalah menggambarkan interaksi antar variabel sesuai dengan logika struktur pada *software* pemodelan yang digunakan. *Pemodelan interaksi variabel pada stock and flow diagram menghasilkan beberapa sektor yang saling terkait. Perancangan stock and flow diagram juga mempertimbangkan tujuan penelitian dimana stock and flow diagram yang dihasilkan mampu membangkitkan pengaruh instrument kebijakan terhadap sistem amatan. Stock and flow maps* model penelitian ini dibagi menjadi tujuh sub model. Dalam penyusunan model menjadi sub-sub model dilakukan untuk memperdetail pengerjaan simulasi supaya mendekati kondisi riil dilapangan.

Model utama dalam penelitian ini adalah sistem rantai dingin ikan beku di Maluku, sehingga sub model yang menyusun adalah pelaku-pelaku dalam rantai pasok ikan, sebagai berikut:

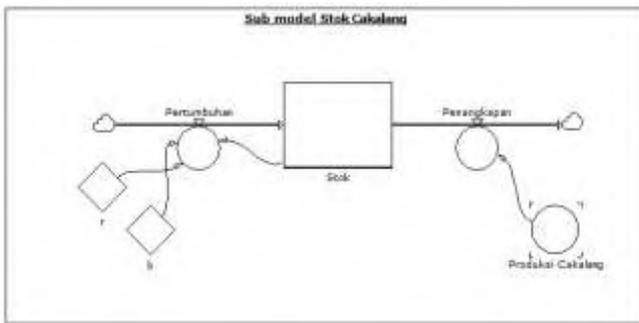
1. Sub Model Populasi Ikan
2. Sub Model Penangkapan
3. Sub Model Hasil Tangkap
4. Sub Model Ekonomi Perikanan

4.4.1. **Sub Model Populasi Ikan**

Sub model populasi ikan pada Gambar 4.3 menggambarkan bagaimana mengetahui populasi ikan cakalang di Provinsi Maluku. Inflow populasi ikan, yaitu pertumbuhan ikan diperoleh dari penelitian sebelumnya. r merupakan

pertumbuhan intrinsik cakalang yang mewakili pertumbuhan ikan cakalang, baik secara fisik maupun populasi. Sedangkan k mewakili faktor daya dukung lingkungan atau batas ambang. Formulasi matematis pertumbuhan ikan cakalang adalah sebagai berikut:

$$dx/dt = F(x) = rx(1 - x/K) \dots\dots\dots (1)$$



Gambar 11 Sub model populasi ikan

Sedangkan *outflow* populasi ikan Provinsi Maluku dipengaruhi oleh produksi atau hasil tangkap ikan cakalang. Ketika produksi naik, maka populasi ikan turun, pertumbuhan populasi ikan juga ikut turun. MSY adalah batas ambang maksimum populasi ikan boleh ditangkap, jika produksi melebihi batas ambang maksimum atau *maximum sustainable yield* (MSY) maka akan mengancam ketersediaan stok ikan di laut.

Table 11 Model kuantitatif setiap variabel sub model populasi ikan

No	Variabel	Volume	Satuan	Formulasi
1.	Populasi Cakalang	66.000	Ton	(Populasi+Pertumbuhan)-Produksi
2.	Koefisien pertumbuhan	2.28	%	
3.	Batas ambang populasi	66.000	Ton	

Provinsi Maluku yang terdapat pada WPP-RI 714, 715 dan 718. Pada penelitian sebelumnya didapatkan potensi ikan cakalang pada WPP-RI 714 diperoleh 66.000 ton/tahun dengan koefisien pertumbuhan (intrinsic growth, r) 2.28% dan carrying capacity (K) atau batas ambang populasi 66.000 ton.

Untuk memperoleh parameter biologi perlu dilakukan analisa bio-teknik.

Analisa Bio-teknik

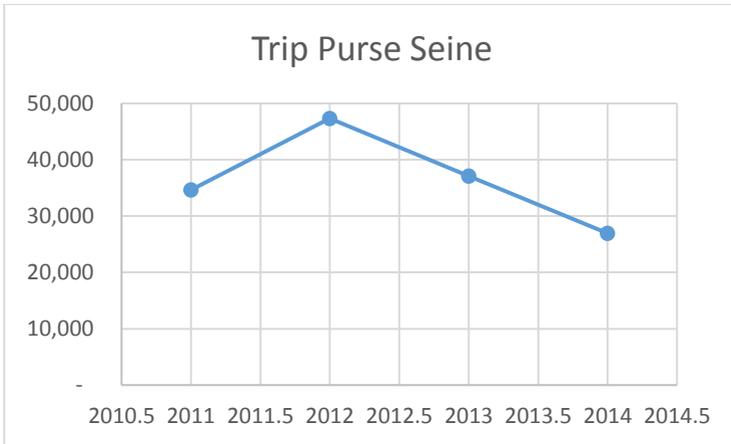
Analisis bio-teknik merupakan penggabungan antara parameter biologi yang terdiri atas r , q dan K dengan aspek teknik yaitu upaya penangkapan yang dilakukan oleh alat tangkap. Aspek ini digunakan untuk menduga kondisi optimal dari tingkat upaya penangkapan (MSY).

Upaya Penangkapan

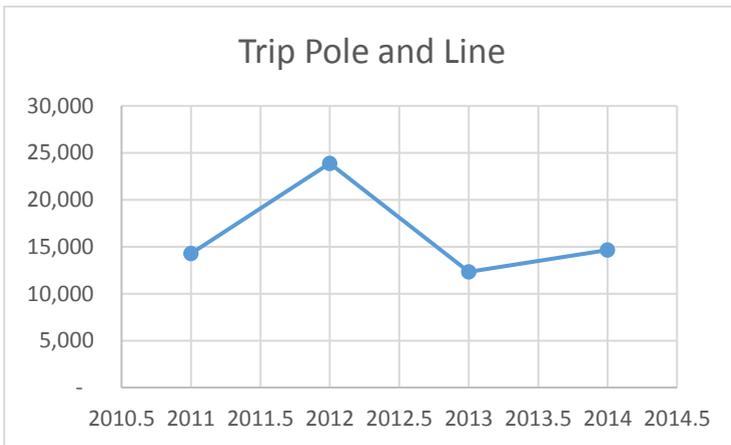
WPP-RI 715

Upaya penangkapan ikan cakalang pada WPP-RI 715 pada tahun 2011-2014 mengalami fluktuasi untuk alat tangkap pukat cincin mengalami peningkatan pada 2012 akan tetapi tahun-tahun berikutnya mengalami penurunan dikarenakan jumlah alat tangkap pukat cincin yang mengalami peningkatan pesat,

untuk alat tangkap huhate juga terjadi hal yang sama akan tetapi pada tahun 2014 mengalami peningkatan dari tahun sebelumnya.



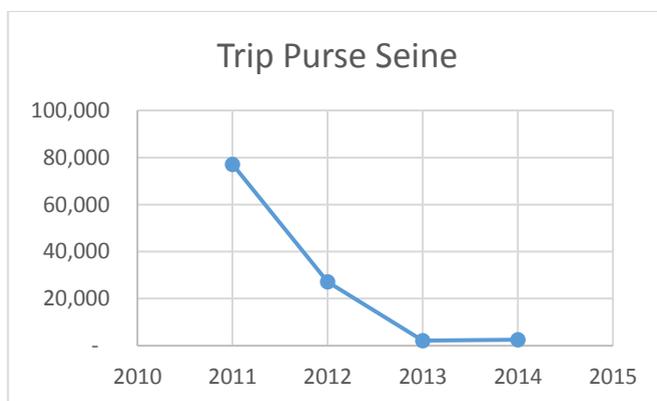
Gambar 12 Jumlah trip kapal pukat cincin WPP-RI 715



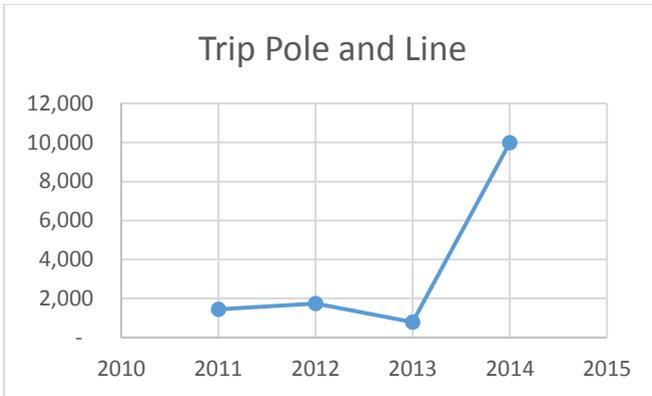
Gambar 13 Jumlah trip kapal huhate 715

WPP-RI 718

Upaya penangkapan ikan cakalang pada WPP-RI 718 juga mengalami fluktuasi akan tetapi ada kecenderungan upaya penangkapan alat tangkap purse seine mengalami penurunan, sedangkan upaya penangkapan *pole and line* atau huhate pada tahun 2014 mengalami lonjakan secara signifikan.



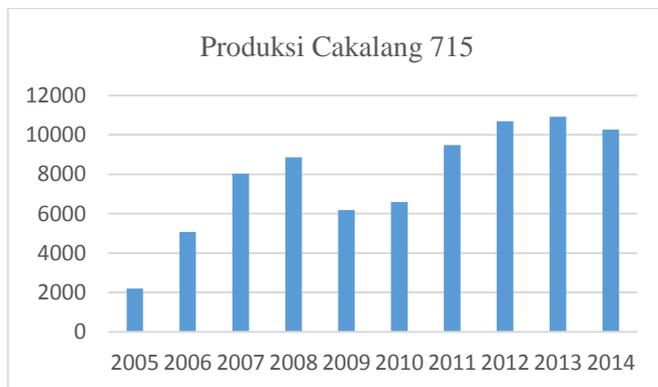
Gambar 14 Jumlah trip per kapal pukat cincin 718



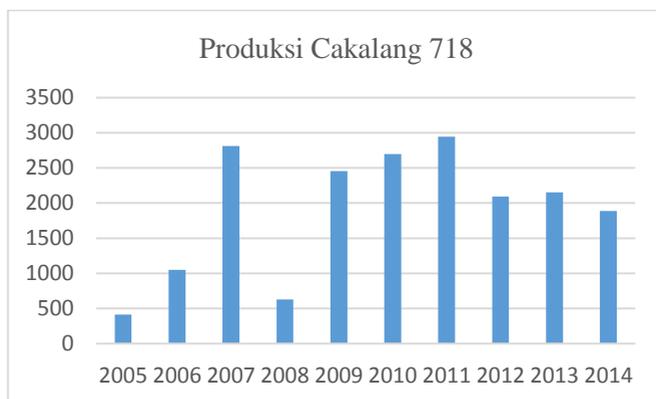
Gambar 15 Jumlah trip per kapal huhate 718

Hasil Tangkapan per Upaya Penangkapan(CPUE) WPP-RI 715

Hasil tangkapan/produksi ikan cakalang pada perairan Maluku khususnya WPP 715 cenderung fluktuatif selama periode 2011-2014. Terlihat pada table, produksi tertinggi diperoleh pada tahun 2013 sebesar 10.923 ton dalam satu tahun, kemudian menurun pada 2014 menjadi 10.271 ton.



Gambar 16 Produksi Cakalang WPP-RI 715



Gambar 17 Produksi Cakalang WPP-RI 718

Estimasi Parameter Biologi

Setelah data-data produksi dan *effort* dari wilayah pengamatan diketahui, maka selanjutnya dilakukan analisis estimasi

parameter biologi. Parameter biologi yang dibutuhkan antara lain: parameter pertumbuhan (r), koefisien daya tangkap (q) dan batas ambang populasi (K). ketiga parameter tersebut diduga dengan menggunakan metode pendekatan Clarke, Yoshimoto dan Pooley (CYP). Data-data effort dan produksi diolah seperti table dibawah ini.

Table 12 Data effort dan CPUE WPP-RI 715

No	E_t+E_{t+1}	Ln CPUE_t	Ln CPUE_{t+1}
1.	38.156	-0.4083	-0.8031
2.	36.205	-0.8031	-0.1206
3.	26.959	-0.1206	-0.3541

Table 13 Data effort dan CPUE WPP-RI 718

No	E_t+E_{t+1}	Ln CPUE_t	Ln CPUE_{t+1}
1.	3193	0.7083	0.1841
2.	2535	0.1841	1.0009
3.	10782	1.0009	-1.6660

Dengan menggunakan analisis regresi berganda diperoleh persamaan CYP sebagai berikut:

WPP-RI 715

$$\text{Ln}(\text{CPUE}_{t+1}) = 3,6937 - 0,00006 * \text{Ln}(\text{CPUE}_t) - 0,7764 * E_t + E_{t+1}$$

WPP-RI 718

$$\text{Ln}(\text{CPUE}_{t+1}) = 3,6937 - 0,00006 * \text{Ln}(\text{CPUE}_t) - 0,7764 * E_t + E_{t+1}$$

Selanjutnya dapat dilakukan perhitungan r , q , K , maka diperoleh hasil seperti table dibawah.

Table 14 Hasil Analisis nilai parameter biologi 715

No	Parameter	Nilai
1.	r	2.28
2.	q	0.0000537
3.	K (ton)	66.000

Table 15 Hasil Analisis nilai parameter biologi 718

No	Parameter	Nilai
1.	r	2.28
2.	q	0.0000537
3.	K (ton)	66.000

Dikarenakan keterbatasan data yang diperoleh dari Kementerian Kelautan dan Perikanan maka untuk ketiga *fishing ground* diasumsikan mempunyai parameter biologi yang sama.

4.4.2. Sub Model Penangkapan

Sub model penangkapan pada gambar 4.4 menggambarkan bagaimana pengaruh aktivitas penangkapan yang terjadi di perairan Maluku. Produksi ikan cakalang dipengaruhi oleh CPUE (*Catch per unit effort*) alat tangkapan dan jumlah upaya (*effort*) standar alat tangkap *purse seine* dan *pole and line*. CPUE dihitung untuk mengetahui kelimpahan dan tingkat pemanfaatan sumber daya perikanan di wilayah perairan

adalah 1 ton/trip, pukat cincin 140 kg/trip dan pancing tonda 25 kg/trip. CPUE pancing tonda sangat rendah karena menggunakan kapal ukuran kecil (PxLxT = 6-8 m x 65–80 cm x 64–78 cm). Kapal-kapal ini memiliki daya jelajah yang rendah sedangkan daerah penangkapan cakalang sudah semakin jauh. Selain itu, target utama kapal pancing tonda adalah ikan tuna madidihang (*Thunnus albacares*) ukuran besar (≥ 30 kg/individu) dan ikan cakalang sebagai tangkapan sampingan. Saat tidak mendapatkan ikan tuna, ikan cakalang ditangkap untuk menutupi biaya operasi dan ikan makan (konsumsi keluarga).

Alat tangkap pukat cincin juga memiliki CPUE yang rendah (140 kg/trip) karena target utama penangkapannya adalah ikan pelagis kecil bukan ikan cakalang. Pukat cincin yang digunakan ukurannya kecil, tidak memungkinkan untuk menangkap ikan cakalang dalam jumlah banyak. Rata-rata CPUE pole and line adalah 1,0 ton/trip, dimungkinkan karena tujuan utama penangkapan kapal-kapal pole and line adalah ikan cakalang. Kapal-kapal yang digunakan juga cukup besar (20–30 GT).

Table 16 Model kuantitatif setiap variabel submodel populasi ikan

No	Variabel	Volume	Satuan	Formulasi
1.	Fraksi pole and line	0.000005 47		
2.	Jumlah pole and line	507		(jumlah pole and line+pertambahan pole and line)
3.	CPUE pole and line	0.26	Ton/da	

Kapal pengumpul dijadikan salah satu usulan dari penelitian ini. Dengan adanya kapal pengumpul diharapkan dapat meningkatkan produksi ikan cakalang dan memperpanjang masa tangkap nelayan di laut.

Analisis Data

Catch per Unit Effort

CPUE dihitung untuk mengetahui kelimpahan dan tingkat pemanfaatan sumber daya perikanan di wilayah perairan tertentu. Perhitungan dilakukan setelah data produksi dan upaya (effort) ditabulasi menurut jenis alat tangkap. Upaya dalam penelitian ini adalah trip penangkapan. Perhitungan CPUE dilakukan dengan pendekatan sebagai berikut:

$$CPUE_t = \frac{Catch_t}{effort_t}$$

Keterangan:

$CPUE_t$ = hasil tangkapan per upaya penangkapan pada tahun ke- t

$Catch_t$ = hasil tangkapan pada tahun ke- t (ton)

$effort_t$ = upaya penangkapan pada tahun ke- t (trip unit)

Standarisasi alat tangkap

Alat tangkap yang digunakan untuk menangkap ikan cakalang di lokasi penelitian adalah *pole and line*, pancing tangan dan *pole and line*. Standarisasi dilakukan untuk menghitung *input* upaya secara *aggregate* karena tiap alat tangkap memiliki kemampuan tangkap yang berbeda. Jika standarisasi tidak dilakukan maka tidak mungkin dapat menjumlahkan *total input*

aggregate (total effort) dari perikanan yang dianalisis (Fauzi dan Anna, 2005). Alat tangkap yang standar adalah yang memiliki nilai produktivitas tertinggi atau memiliki nilai CPUE terbesar dengan indeks kemampuan tangkap (*fishing power indeks*) satu. Standarisasi alat tangkap ke n pada periode waktu t dapat diformulasikan sebagai berikut:

$$E_{standard} = \varphi_{nt} E_{nt}$$

$$\varphi_{nt} = \frac{U_{nt}}{U_{std}}$$

Keterangan:

E_{std} = *effort* standar

Φ_{nt} = indeks kemampuan alat tangkap jenis ke n pada waktu t

E_{nt} = Upaya nominal alat tangkap ke-n pada waktu t

U_{nt} = CPUE alat tangkap ke-n pada waktu t

U_{std} = CPUE alat tangkap standar

Φ_{nt} diukur berdasarkan rasio CPUE dari alat tangkap n terhadap alat tangkap standar pada periode waktu t.

Dari penelitian Waileruny, 2014 didapatkan data primer rata-rata CPUE *pole and line* adalah 1ton/trip, *purse seine* dankg/trip dan pancing tonda kg/trip.

4.4.3. Sub Model Ekonomi Perikanan

Sub model ini menentukan jumlah keuntungan dari aktivitas melaut kapal *purse seine* dan *pole and line* serta pendapatan ABK Kapal. Keuntungan kapal pertahun dapat merepresentasikan prospek usaha penangkapan ikan. Harga cakalang ditetapkan Rp 6.500 per kg, harga dibuat tetap agar dinamika pendapatan kapal ikan dan industry hanya disebabkan oleh dinamika jumlah tangkapan atau produksi perikanan dan bukan akibat fluktuasi harga jual ikan. Penerimaan atau *revenue* kapal ditentukan dengan produksi dikalikan dengan harga cakalang. *Revenue* ini kemudian dikurangi dengan total biaya trip untuk menentukan pendapatan kapal. Kemudian pendapatan dibagi dua untuk pemilik kapal dan ABK kapal sesuai sistem bagi hasil yang disepakati. Kemudian pendapatan yang menjadi bagian ABK akan dibagi dengan jumlah ABK menghasilkan pendapatan ABK *Purse Seine*. Sedangkan pendapatan pemilik kapal kemudian akan dikurangi dengan biaya investasi per tahun dan biaya perawatan untuk menentukan pendapatan bersih kapal.

4.5. Verifikasi dan Validasi Model

4.5.1. Verifikasi Model

Tahap verifikasi merupakan tahap pengecekan terhadap model simulasi apakah model berfungsi sesuai logika pada objek sistem, dalam hal ini sesuai dengan model konseptual yang dibuat. Proses pengecekan tersebut dilakukan dengan cara *check units* dan verifikasi pada software Powersim. *Check units*

ini dilakukan untuk memastikan konsistensi satuan sesuai dengan formulasi yang dibuat. Sedangkan verifikasi dilakukan untuk mengecek kesesuaian formulasi dalam model dan eror yang mungkin terdapat pada model yang dibuat.

4.5.2. Validasi Model

Tahap validasi merupakan tahap untuk memastikan apakah model yang dibuat benar-benar merepresentasikan kondisi objek amatan sebenarnya. Proses validasi model dapat dilakukan dengan cara diskusi dengan pihak ahli untuk memastikan bahwa model yang telah dibuat benar dan sesuai dengan sistem riil. Selain itu, validasi juga dilakukan dengan cara pengujian hasil simulasi dengan data riil.

Berikut ini adalah rangkaian pengujian model yang dilakukan untuk memastikan validitas dari model yang dikembangkan.

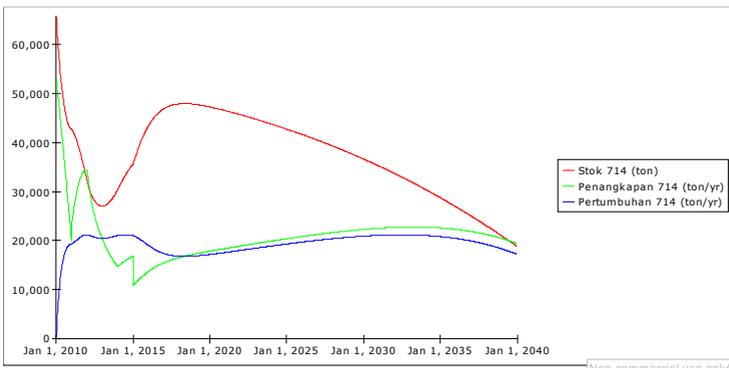
a) Uji Struktur Model

Uji struktur model yaitu sejauh mana keserupaan struktur model mendekati struktur model. Keserupaan ditunjukkan dengan sejauh mana interaksi variabel model dapat menirukan interaksi kejadian nyata. Validitas struktur yaitu keyakinan terhadap konstruksi model valid secara ilmiah atau didukung/diterima secara akademis. Validitas struktur model pada penelitian ini dilakukan melalui dua cara yaitu pembangunan model yang didasarkan pada literatur dan brainstorming serta proses diskusi melalui *in-depth interview* mengenai amatan dengan ahli yang mengetahui sistem tersebut sebagai evaluator untuk melakukan validasi struktur model.

Literatur yang dijadikan dasar dalam pembuatan model dan penentuan *equation* dalam model salah satunya adalah Badan Pusat Statistik (BPS) Maluku dalam bukunya yang berhubungan dengan permasalahan penelitian ini seperti penghitungan input produksi, jumlah trip, jumlah alat tangkap dan lain-lain.

b) Uji Parameter Model

Uji parameter model dilakukan untuk mengetahui konsistensi nilai parameter yang ada dalam model. Uji parameter model dapat dilakukan dengan dua cara yaitu validasi variabel input dan validasi logika dalam hubungan antar variabel. Hubungan antar variabel telah dijelaskan pada model konseptual berupa *causal loop diagram*. Pada uji parameter ini, hasil simulasi variabel-variabel dalam model harus mengikuti logika hubungan variabel-variabel tersebut. Berikut ini diperlihatkan uji parameter pada tiap-tiap submodel.



Gambar 19 Sub model populasi ikan(stok)

Berdasarkan pada Gambar 19, dapat diketahui bahwa parameter simulasi sudah berjalan sesuai dengan logika aktual, yaitu pada submodel populasi ikan (stok) setelah tahun 2015 ketika laju penangkapan meningkat maka populasi ikan atau stok yang berada di laut akan berkurang, stok ikan sangat bergantung pada laju penangkapan dan pertumbuhan, ketika salah satunya lebih besar maka akan terjadi ketidakseimbangan. Sebagai contoh jika laju penangkapan lebih besar daripada laju pertumbuhan maka stok ikan yang berada di laut akan terus menerus mengalami penurunan, akan tetapi jika laju pertumbuhan lebih besar dari laju penangkapan maka stok akan terus naik mendekati batas ambang populasi.

c) Uji Kecukupan Batasan (*Boundary Adequacy Test*)

Uji kecukupan batasan menilai kecukupan dari batasan model terhadap tujuan yang ada. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk menyusun scenario penentuan jumlah kapal nelayan dan melihat dampaknya terhadap stok ikan cakalang yang berada di perairan Maluku. Uji kecukupan batasan pada penelitian ini dilakukan dengan mengacu pada diagram sebab akibat dimana sistem akan memiliki batasan dengan sendirinya. Langkah ini dilakukan pada saat pembuatan model dengan cara menguji variabel-variabel ke dalam model. Jika variabel-variabel tersebut tidak berpengaruh signifikan maka tidak perlu dimasukkan ke dalam model.

d) Uji Kondisi Ekstrim

Uji kondisi ekstrim dilakukan untuk menguji kemampuan model pada kondisi yang ekstrim. Kondisi ekstrim yang dimaksud adalah perubahan nilai variabel menjadi ekstrim tinggi dan ekstrim rendah. Variabel yang dirubah adalah

variabel sistem yang terkendali dan terukur. Kinerja model akan terlihat dengan memasukkan nilai-nilai ekstrim. Jika dengan kondisi ekstrim model tetap memberikan hasil yang sesuai dan logis maka model dikatakan valid. Sebaliknya, jika hasil yang didapatkan tidak logis maka terdapat kesalahan dalam model yang dapat berupa kesalahan struktural maupun kesalahan nilai parameter. Pada uji kondisi ekstrim ini, variabel yang dijadikan input yaitu jumlah trip nelayan sedangkan variabel responnya hasil produksi.

e) Uji Perilaku Model/Replikasi

Uji perilaku model/replikasi dilakukan untuk mengetahui bagaimana perilaku dari model apakah sudah sama dengan perilaku kondisi yang sesungguhnya. Pengujian dilakukan pada output sejumlah replikasi dan dibandingkan dengan data sebenarnya (Barlas, 1996). Uji perilaku model dilakukan dengan metode black box yaitu dengan membandingkan rata-rata nilai pada data aktual dengan rata-rata nilai pada data hasil simulasi untuk menemukan rata-rata error yang terjadi. Perhitungan error yang dilakukan menggunakan persamaan berikut ini.

$$\text{MAPE} = \frac{1}{n} \sum \frac{|X_m - X_d|}{X_d} \times 100\%$$

Keterangan :

X_m = data hasil simulasi

X_d = data aktual

n = periode/banyaknya data

Kriteria ketepatan model dengan uji MAPE (Lomauro dan Bakshi, 1985 di dalam Somantri, 2005) adalah :

MAPE < 5% : sangat tepat

5% < MAPE < 10% : tepat

MAPE > 10% : tidak tepat

Pada uji perilaku model ini, data yang akan dibandingkan yaitu data besaran produksi pertahun actual dengan produksi pertahun dalam simulasi. Berikut ini hasil perhitungan error pada perbandingan data actual dan hasil simulasi *running* model.

Table 17 Perhitungan Error antara Data Aktual dan Simulasi

Tahun	Produksi Ikan Cakalang		Error
	Simulasi	Aktual	
2011	40677.69	39582	0.0269
2012	41876.12	38527	0.0799
2013	37291.18	38159	0.0232
2014	36500.68	39546	0.0834
Rata-rata error			0.0534

4.6. Simulasi Model

Berikut merupakan hasil *running* model simulasi dengan bantuan *software* Powersim Studio Academic 8. Model simulasi ini dijalankan selama 30 tahun mulai dari 2010 sampai 2040 atau 10 tahun setelah kebijakan lumbung ikan nasional diberlakukan di Provinsi Maluku. Simulasi dijalankan dalam satuan hari untuk melihat laju penangkapan setiap hari. Seperti halnya yang dijelaskan sebelumnya penelitian ini memiliki focus pada perubahan laju penangkapan terhadap sumberdaya perikanan dan melihat perubahan laju produksi yang dapat diperoleh. Dalam hal ini pembatasan upaya penangkapan juga berperan dalam ketersediaan sumberdaya perikanan di Provinsi Maluku.

4.7. Analisis Hasil Simulasi

Pada penelitian ini, kebijakan perikanan yang disimulasikan adalah menetapkan jumlah tangkapan yang diperbolehkan dengan melakukan pembatasan jumlah upaya penangkapan. Terdapat tiga pendekatan untuk menentukan jumlah tangkapan yang diperbolehkan dan upaya melaut, yaitu MSY, MEY dan OSY. Selain itu juga dilakukan simulasi pada kondisi *existing* yaitu dimana tidak ditetapkan scenario pendekatan dan pembatasan upaya penangkapan. Jadi terdapat empat scenario untuk analisa kebijakan pengelolaan, yaitu:

1. Kondisi tidak ditetapkan jumlah tangkapan (*existing*)

2. Kondisi ditetapkan jumlah tangkapan dengan pendekatan MSY
3. Kondisi ditetapkan jumlah tangkapan dengan pendekatan MEY
4. Kondisi ditetapkan jumlah tangkapan dengan pendekatan OSY

Simulasi dengan bantuan *software* Powersim Studio 8 Academic dijalankan dari tahun 2011-2040 atau 10 tahun setelah penetapan Provinsi Maluku menjadi Lumbung Ikan Nasional (LIN) pada tahun 2030. Pada tahun 2011-2014 menggunakan data historis produksi dan upaya penangkapan. Pada tahun 2015 input variabel *effort* diperoleh dari perhitungan beberapa scenario kebijakan. Dengan menetapkan *effort* pada nilai tersebut diharapkan output simulasi pada *steady state* stok ikan untuk parameter jumlah tangkapan akan memberikan hasil seperti yang telah dihitung sebelumnya. Jumlah tangkapan ini diharapkan berimbang dengan laju pertumbuhan stok ikan sehingga tercipta keseimbangan antara eksplorasi dengan laju produksi seperti yang disyaratkan pada pengelolaan perikanan berkelanjutan.

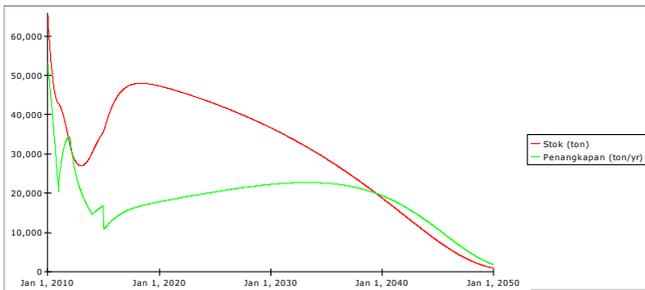
Table 18 Hasil perhitungan matematis pendekatan

Variable	MSY	MEY	OSY
Effort (trip)	21.251	20.431	40.862
Catch(ton/tahun)	32.954,98	32.905,91	4.889,98

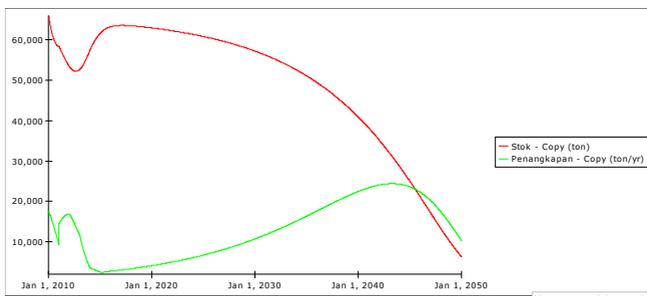
4.7.1. Hasil simulasi sub model stok

Hasil simulasi menunjukkan bahwa sejak 2015 saat diberlakukan pembatasan *effort*, terjadi kenaikan stok ikan secara signifikan pada ketiga scenario penetapan. Pada scenario pertama dimana pada kondisi *existing* terjadi deplesi stol cacalang sampai jumlah yang sangat rendah pada tahun 2040 atau 10 tahun setelah diberlakukannya LIN pada Provinsi Maluku.

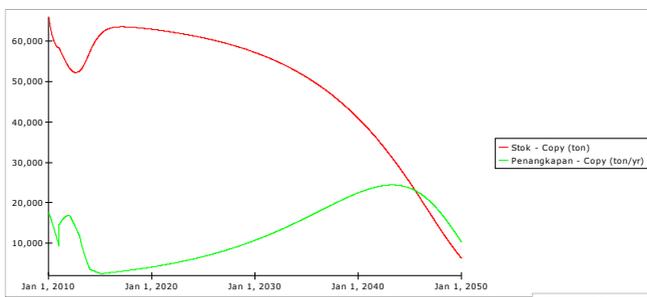
Stok ikan pada kondisi *existing* berada pada kondisi deplesi karena upaya penangkapan terus bertambah seiring pertumbuhan jumlah kapal. Pertumbuhan *purse seine* ditetapkan sebesar 0.11% per tahun dan *pole and line* ditetapkan 0.04% per tahun. Hal ini berbeda dengan tiga grafik lainnya hasil simulasi kebijakan pembatasan upaya. Pada scenario MSY, MEY dan OSY ditentukan upaya tertentu yang menyebabkan terkontrolnya penangkapan.



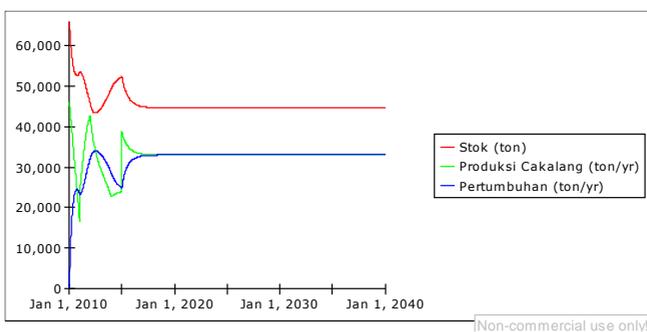
Grafik 1 kondisi existing WPP-RI 714



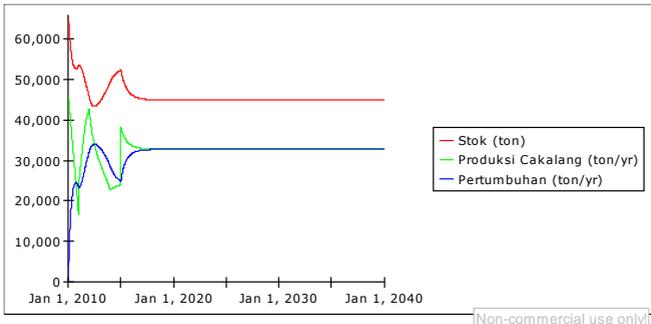
Grafik 2 kondisi existing WPP-RI 715



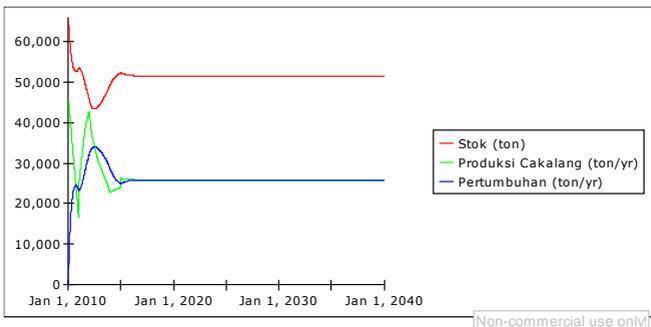
Grafik 3 kondisi existing WPP-RI 718



Grafik 4 simulasi pendekatan MSY



Grafik 5 Simulasi Pendekatan MEY



Grafik 6 Simulasi Pendekatan OSY

Pada grafik-grafik diatas dapat kita lihat, pada kondisi *existing* stok ikan mengalami deplesi, akan tetapi pada simulasi scenario kebijakan tiga pendekatan MSY, MEY dan OSY stok ikan dapat *sustainable* untuk jangka panjang, hal ini tentunya dengan membatasi jumlah tangkapan trip dan jumlah kapal yang menangkap.

Table 19 Kondisi steady state perikanan Maluku

Skenario	Biomass (1000 ton/tahun)	Laju pertumbuhan (1.000 ton/tahun)	Produksi (1000 ton/tahun)
<i>Existing WPP 714</i>	Deplesi	-	-
<i>Existing WPP 715</i>	Deplesi	-	-
<i>Existing WPP 718</i>	Deplesi	-	-
MSY	44.584	32.983	32.983
MEY	44.897	32.730	32.730
OSY	51.468	25.836	25.836

4.7.2. Hasil simulasi sub model penangkapan

Sub model ini menggambarkan pengaruh dari jumlah *fishing effort* atau upaya penangkapan terhadap laju produksi perikanan dan berkurangnya stok ikan. Pada kondisi kesetimbangan maka jumlah tangkapan sebanding dengan laju pertumbuhan stok ikan cakalang. Pada perairan Maluku terdapat dua jenis alat tangkap utama yang digunakan untuk menangkap ikan cakalang yaitu pukat cincin dan huhate, karena jumlah tangkapan lebih banyak pukat cincin maka standarisasi alat tangkap menggunakan standard tangkapan pukat cincin dengan perhitungan nilai RFP (*Relatif fishing Power*). Perhitungan RFP dijelaskan pada bab lampiran.

Untuk skenario kebijakan menggunakan tiga pendekatan bioekonomi perikanan yaitu pendekatan MSY, MEY dan OSY yang menetapkan *effort* standar *purse seine* dan *pole and line* dalam simulasi untuk tahun 2015 dan seterusnya sampai tahun

2040 atau sepuluh tahun setelah penetapan kebijakan Provinsi Maluku sebagai Lumbung Ikan Nasional sebesar dibuat tetap. Sedangkan *effort* untuk kondisi *existing* semua wilayah pengolahan perikanan(WPP) dibuat tumbuh sesuai pertumbuhan jumlah kapal. Untuk tiga scenario lainnya *total effort standar purse seine* dibuat tetap dengan nilai *effort* seperti pada table dibawah.

Table 20 Skenario kebijakan tiga pendekatan bioekonomi perikanan

Variable	MSY	MEY	OSY
Effort (trip)	21.251	20.431	40.862
Catch(ton/tahun)	32.954,98	32.905,91	4.889,98

4.7.3. Hasil simulasi sub model ekonomi perikanan

Sub model ini menentukan jumlah keuntungan dari aktivitas melaut kapal *purse seine* dan *pole and line*.

Pada sub model ekonomi perikanan ini, keuntungan melaut diperoleh dengan cara mengkalikan jumlah produksi dengan harga satuan ikan di Provinsi Maluku. Harga ikan diasumsikan stabil sehingga perubahan keuntungan hanya diperoleh dari perubahan tingkat produksi ikan. Dari tabel-tabel dibawah dapat peroleh keuntungan terbesar diperoleh ketika scenario pendekatan MEY, kemudian MSY dan terakhir OSY.

Table 21 Skenario Pendekatan MSY

(rupiah/yr)		
Time	Pendapatan Prod PS	Pendapatan Prod PL
Jan 1, 2010	204,750,000.00	29,760,900,000.00
Jan 1, 2011	130,845,665.43	12,617,968,247.93
Jan 1, 2012	167,203,595.17	27,556,564,654.98
Jan 1, 2013	114,438,564.20	19,088,339,147.40
Jan 1, 2014	32,531,605.61	14,729,327,652.32
Jan 1, 2015	201,166,423.28	16,687,916,203.06
Jan 1, 2016	1,130,638,911.63	20,997,579,787.41
Jan 1, 2017	1,102,625,538.76	20,477,331,434.15
Jan 1, 2018	1,096,942,019.34	20,371,780,359.17
Jan 1, 2019	1,095,759,608.65	20,349,821,303.55
Jan 1, 2020	1,095,512,420.22	20,345,230,661.14
Jan 1, 2021	1,095,460,682.77	20,344,269,822.82
Jan 1, 2022	1,095,449,851.90	20,344,068,678.19
Jan 1, 2023	1,095,447,584.60	20,344,026,571.20
Jan 1, 2024	1,095,447,109.89	20,344,017,755.10
Jan 1, 2025	1,095,447,010.52	20,344,015,909.75
Jan 1, 2026	1,095,446,989.72	20,344,015,523.36
Jan 1, 2027	1,095,446,985.36	20,344,015,442.47
Jan 1, 2028	1,095,446,984.45	20,344,015,425.54
Jan 1, 2029	1,095,446,984.26	20,344,015,421.99
Jan 1, 2030	1,095,446,984.22	20,344,015,421.25
Jan 1, 2031	1,095,446,984.21	20,344,015,421.09
Jan 1, 2032	1,095,446,984.21	20,344,015,421.06
Jan 1, 2033	1,095,446,984.21	20,344,015,421.05
Jan 1, 2034	1,095,446,984.21	20,344,015,421.05
Jan 1, 2035	1,095,446,984.21	20,344,015,421.05
Jan 1, 2036	1,095,446,984.21	20,344,015,421.05
Jan 1, 2037	1,095,446,984.21	20,344,015,421.05
Jan 1, 2038	1,095,446,984.21	20,344,015,421.05
Jan 1, 2039	1,095,446,984.21	20,344,015,421.05
Jan 1, 2040	1,095,446,984.21	20,344,015,421.05

Non-commercial use only

Table 22 Skenario Pendekatan MEY

(rupiah/yr)		
Time	Pendapatan Prod PS	Pendapatan Prod PL
Jan 1, 2010	204,750,000.00	29,760,900,000.00
Jan 1, 2011	130,845,665.43	12,617,968,247.93
Jan 1, 2012	167,203,595.17	27,556,564,654.98
Jan 1, 2013	114,438,564.20	19,088,339,147.40
Jan 1, 2014	32,531,605.61	14,729,327,652.32
Jan 1, 2015	148,847,272.16	16,687,916,203.06
Jan 1, 2016	811,918,269.19	21,109,874,998.96
Jan 1, 2017	792,790,228.20	20,612,545,933.29
Jan 1, 2018	788,946,260.00	20,512,602,760.01
Jan 1, 2019	788,155,096.04	20,492,032,497.16
Jan 1, 2020	787,991,515.42	20,487,779,400.83
Jan 1, 2021	787,957,655.71	20,486,899,048.44
Jan 1, 2022	787,950,645.87	20,486,716,792.65
Jan 1, 2023	787,949,194.70	20,486,679,062.23
Jan 1, 2024	787,948,894.23	20,486,671,249.94
Jan 1, 2025	787,948,832.03	20,486,669,632.80
Jan 1, 2026	787,948,819.15	20,486,669,297.95
Jan 1, 2027	787,948,816.49	20,486,669,228.63
Jan 1, 2028	787,948,815.93	20,486,669,214.27
Jan 1, 2029	787,948,815.82	20,486,669,211.30
Jan 1, 2030	787,948,815.80	20,486,669,210.69
Jan 1, 2031	787,948,815.79	20,486,669,210.56
Jan 1, 2032	787,948,815.79	20,486,669,210.53
Jan 1, 2033	787,948,815.79	20,486,669,210.53
Jan 1, 2034	787,948,815.79	20,486,669,210.53
Jan 1, 2035	787,948,815.79	20,486,669,210.53
Jan 1, 2036	787,948,815.79	20,486,669,210.53
Jan 1, 2037	787,948,815.79	20,486,669,210.53
Jan 1, 2038	787,948,815.79	20,486,669,210.53
Jan 1, 2039	787,948,815.79	20,486,669,210.53
Jan 1, 2040	787,948,815.79	20,486,669,210.53

Table 23 Skenario Pendekatan OSY

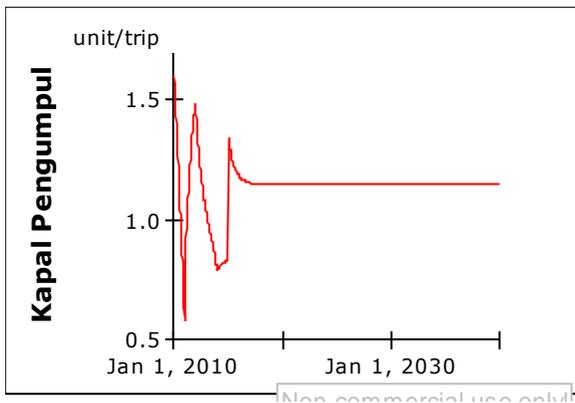
(rupiah/yr)		
Time	Pendapatan Prod PS	Pendapatan Prod PL
Jan 1, 2010	204,750,000.00	29,760,900,000.00
Jan 1, 2011	202,737,939.04	28,445,751,893.67
Jan 1, 2012	200,725,878.08	27,130,603,787.35
Jan 1, 2013	198,713,817.12	25,815,455,681.02
Jan 1, 2014	196,701,756.16	24,500,307,574.70
Jan 1, 2015	194,689,695.20	23,185,159,468.37
Jan 1, 2016	192,677,634.24	21,870,011,362.05
Jan 1, 2017	190,665,573.28	20,554,863,255.72
Jan 1, 2018	188,653,512.32	19,239,715,149.40
Jan 1, 2019	186,641,451.36	17,924,567,043.07
Jan 1, 2020	184,629,390.40	16,609,418,936.75
Jan 1, 2021	184,629,360.29	16,609,416,228.38
Jan 1, 2022	184,629,330.19	16,609,413,520.02
Jan 1, 2023	184,629,300.08	16,609,410,811.65
Jan 1, 2024	184,629,269.98	16,609,408,103.29
Jan 1, 2025	184,629,239.87	16,609,405,394.92
Jan 1, 2026	184,629,209.76	16,609,402,686.56
Jan 1, 2027	184,629,179.66	16,609,399,978.19
Jan 1, 2028	184,629,149.55	16,609,397,269.83
Jan 1, 2029	184,629,119.45	16,609,394,561.46
Jan 1, 2030	184,629,089.34	16,609,391,853.10
Jan 1, 2031	184,629,089.34	16,609,391,853.10
Jan 1, 2032	184,629,089.34	16,609,391,853.10
Jan 1, 2033	184,629,089.34	16,609,391,853.10
Jan 1, 2034	184,629,089.34	16,609,391,853.10
Jan 1, 2035	184,629,089.34	16,609,391,853.10
Jan 1, 2036	184,629,089.34	16,609,391,853.10
Jan 1, 2037	184,629,089.34	16,609,391,853.10
Jan 1, 2038	184,629,089.34	16,609,391,853.10
Jan 1, 2039	184,629,089.34	16,609,391,853.10
Jan 1, 2040	184,629,089.34	16,609,391,853.10

Non-commercial use only

4.7.4. Hasil simulasi kebutuhan kapal pengumpul

Kapal pengumpul digunakan sebagai *floating storage* dalam penelitian ini. Kapal nelayan akan merapat ke kapal pengumpul kemudian dilakukan transfer hasil ikan cakalang di tengah laut, diharapkan nantinya kapal pengumpul juga berperan sebagai penyuplai es, makanan dan bahan bakar untuk nelayan, sehingga nelayan dapat melaut lebih jauh dan lama.

Berikut ini merupakan hasil simulasi kebutuhan kapal pengumpul di perairan Maluku. Disimulasikan kapal pengumpul akan berlayar selama 2 minggu ditengah laut kemudian akan merapat ke pelabuhan membawa hasil ikan cakalang dari nelayan berupa ikan beku.



Grafik 7 Kebutuhan Kapal Pengumpul

Grafik diatas merupakan tingkat kebutuhan kapal pengumpul diperairan Maluku. Pada grafik diatas tingkat kebutuhan kapal pengumpul sebesar 2 unit per tripnya, satu kali trip

direncanakan melaut selama 2 minggu dengan membawa bahan bakar dan akomodasi untuk kapal nelayan.

4.8. Perhitungan kebutuhan mesin refrigerasi

Setelah mengetahui kebutuhan kapal pengumpul, pada tahap ini dilakukan perhitungan kebutuhan mesin refrigerasi pada kapal pengumpul dikarenakan kapal tersebut masih merupakan usulan dalam penelitian ini, sehingga perlu adanya pengkajian mengenai kapal dan mesin refrigerasinya.

Dalam proses perhitungan kebutuhan daya mesin pendingin dapat dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

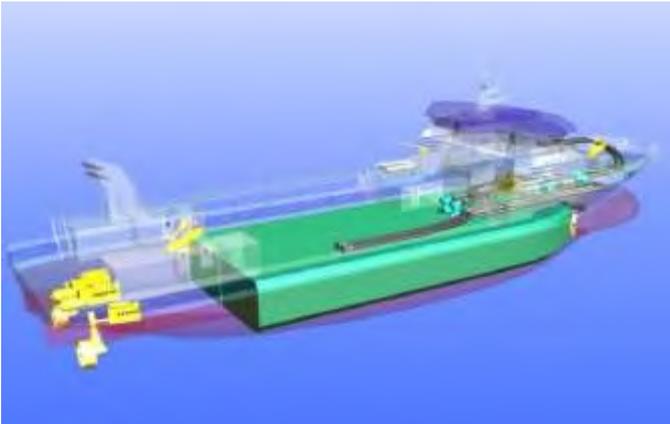
1. Menghitung volume cargo hold
2. Merencanakan isolasi ruang muat
3. Menghitung koefisien perpindahan panas pada masing-masing runag muat
4. Perhitungan beban pendingin:
 - a. Beban Produk
 - b. Beban Transmisi
 - c. Beban Infiltrasi
 - d. Beban Radiasi

4.8.1. *General Arrangement* Kapal Pengumpul

Perhitungan desain refrigerant mengacu pada kapal pembanding kapal NSK-2595 cargo hold 2000 m³ dan NSK-2585 cargo hold 3000 m³. Karena keterbatasan informasi mengenai kapal pembanding, berikut gambar 3D kapal pengumpul yang diperoleh dari salah satu produsen kapan pengangkut ikan.



Gambar 20 Kapal Pembanding Fish Carrier



(Sumber: <http://www.moremaritime.com/>)

Ukuran Utama Kapal Pembanding

LoA	= 77.175 m
B	= 16 m
D	= 7.3 m
Cargo hold	= 3000 m ³
ME	= 2400 Kw
Vs	= 12 knot

Direncanakan masing - masing ruang muat mempunyai volume sebesar 1500 m³.

4.8.2. Desain Insulasi Ruang Muat

Bahan yang digunakan untuk isolasi ruang muat pada kapal pengumpul ini direncanakan sebagai berikut:

Table 24 Bahan Isolasi Ruang Muat

Bahan	Ketebalan		
	Cm	Mm	In
Baja	0,6	6	0,2362
Polyurethane foam plastic	10,2	102	4,01575
Timber	0,6	6	0,2362

Isolasi ruang muat terdiri dari dinding pembatas atau sekat, atap(geladak) dan dinding kanan-kiri. Untuk semua dinding diasumsikan mempunyai ketebalan yang sama. Setelah mengetahui bahan yang digunakan untuk isolasi ruang muat langkah selanjutnya yaitu menghitung koefisien perpindahan panas (U).

4.8.3. Koefisien Perpindahan Panas

Untuk perhitungan koefisien perpindahan paas ini dilakukan pada setiap dinding ruang muat yaitu pada dinding pembatas, atas serta dinding kanan dan kiri. Adapun untuk perhitungan koefisien perpindahan panas menyeluruh (U) diberikan persamaan 1.1 Perhitungan Koefisien Perpindahan Panas (U). Untuk nilai konduktifitas termal (k) dan temal conductance (c) dari material diberikan pada tabel 1.2 dan tabel 1.3.

$$R_{tot} = \frac{1}{U} = \frac{1}{f_1} + \frac{x_1}{k_1} + \frac{x_2}{k_2} + \dots + \dots + \dots + \frac{x_n}{k_n} + \frac{1}{f_0} \quad \dots(1.1)$$

Material	Description	Thermal Conductivity	Thermal Conductance
Woods	Mapel, ca, similar hardwoods	1.1	
	Fir, pine, similar softwoods	0.8	
	Plywood 1/2 In		1.6
	Plywood 1/4 In		1.07
Insulating Material	Blanket or balt	0.27	
	Cellular glass	0.4	
	Corkboard	0.3	
	Glass Fiber	0.25	
	Polysterene (Extruded)	0.2	
	Polysterene (Molded beads)	0.25	
	Polyurathane (extruded)	0.16	
	Polyurathane (board)		
	Milled paper or wood pulp		
	Sawdust or shavings		
	Mineral wool (rock, glass, slag)		
	Redwood bark		
Wood fiber (soft wood)			
Surface conductance	Still air		
	Moving air (7.5 mph)		
	Moving air (15 mph)		

Logam	konduktivitas termal (k)	
	W/m ^o	Btu/h Ft °F
Perak (murni)	410	237
Tembaga (murni)	385	223
Alumunium (murni)	202	117
Nikel (murni)	93	54
Besi (murni)	73	42
Baja karbon 1% C	43	25
Timbal (murni)	35	20.3
Baja karbon-nikel, (18% Cr, 8% Ni)	16.3	9.4

Sumber: Dossat, 1997

Dinding Pembatas (antara ruang muat I dan II)

Table 25 Nilai koefisien dinding pembatas

Bahan	Ketebalan	Koefisien			
Timber	0,2362	X1	0.362	K1	0.16
Polyrethane foam plastic	4,01575	X2	0.4734	K2	1.1
Baja	0,2362	X3	0.2362	K3	25
Polyrethane foam plastic	4,01575	X4	0.4734	K4	1.1
Timber	0,2362	X5	0.362	K5	0.16
Koefisien konveksi dinding luar				f0	4
koefisien konveksi dinding dalam				f1	1.65

$$R_{tot} = \frac{1}{U} = \frac{1}{f_1} + \frac{x_1}{k_1} + \frac{x_2}{k_2} + \frac{x_3}{k_3} + \frac{x_4}{k_4} + \frac{1}{f_0}$$

Maka diperoleh nilai $U = 0,0787$ Btu/h Ft °F

Dinding Kanan-Kiri Ruang Muat

Bahan	Ketebalan	Koefisien			
Baja:	0,2362	X1	0.2362	K1	25
Polyrethane foam plastic	4,01575	X2	0.4734	K2	1.1
Timber	0,2362	X3	0.362	K3	0.16
Koefisien konveksi dinding luar				f0	4
koefisien konveksi dinding dalam				f1	1.65

Dengan menggunakan persamaa berikut:

$$R_{tot} = \frac{1}{U} = \frac{1}{f_1} + \frac{x_1}{k_1} + \frac{x_2}{k_2} + \frac{x_3}{k_3} + \frac{1}{f_0}$$

Diperoleh nilai $U = 0,1475 \text{ Btu/h Ft } ^\circ\text{F}$

Dinding Depan-Belakang

Bahan	Ketebalan	Koefisien			
Baja:	0,2362	X1	0.2362	K1	25
Polyrethane foam plastic	4,01575	X2	0.4734	K2	1.1
Timber	0,2362	X3	0.362	K3	0.16
Koefisien konveksi dinding luar				f0	4
koefisien konveksi dinding dalam				f1	1.65

Dengan menggunakan persamaa berikut:

$$R_{tot} = \frac{1}{U} = \frac{1}{f_1} + \frac{x_1}{k_1} + \frac{x_2}{k_2} + \frac{x_3}{k_3} + + \frac{1}{f_0}$$

Diperoleh nilai $U = 0,1475 \text{ Btu/h Ft } ^\circ\text{F}$

Dinding Atap(Gladak)

Bahan	Ketebalan	Koefisien			
Baja:	0,2362	X1	0.2362	K1	25
Polyrethane foam plastic	4,01575	X2	0.4734	K2	1.1
Timber	0,2362	X3	0.362	K3	0.16
Koefisien konveksi dinding luar				f0	4
koefisien konveksi dinding dalam				f1	1.65

Dengan menggunakan persamaa berikut:

$$R_{tot} = \frac{1}{U} = \frac{1}{f_1} + \frac{x_1}{k_1} + \frac{x_2}{k_2} + \frac{x_3}{k_3} + \frac{1}{f_0}$$

Diperoleh nilai $U = 0,1475 \text{ Btu/h Ft } ^\circ\text{F}$

4.8.4. Perhitungan Kapasitas Beban Pendingin

Pada tahapan selanjutnya dilakukan perhitungan beban pendingin meliputi: beban produk, beban transmisi, beban infiltrasi dan beban radiasi.

A. Beban Produk

Beban produk yaitu beban panas yang berasal dari produk yang akan didinginkan. Ikan akan melepaskan panas untuk berubah menjadi dingin karna pengaruh lingkungan atau proses pendinginan, dalam hal ini adalah beben panas dari ikan cakalang.

Untuk menghitung beban produk digunakan persamaan berikut:

$$q = \frac{M \times c \times \Delta T}{t}$$

Dimana:

q_2 = aliran panas (Btu/h)

M = massa produk (pounds)

c = koefisien perpindahan panas

ΔT = perbedaan temperature akhir ($^\circ\text{F}$)

t = lama waktu pendinginan (jam)

Untuk menghitung kapasitas ruang muat digunakan persamaan berikut ini:

$$\text{Kapasitas ruang muat} = V \text{ ruang muat} \times S_f$$

Dimana:

S_f = Stowage factor (ton/m³)

Table 26 Stowage Factor

Item	Sf
Ikan segar dalam bulk	0.5
Ikan segar dalam rak	0.3
Ikan segar dalam boxes	0.25
Ikan tuna dalam bulk	0.6
Pendinginan dalam airlaut	0.75

Sumber: Design of small fishing vessel

Untuk penentuan panas spesifik dapat dilihat pada tabel dibawah

Table 27 Panas Spesifik dan Panas Laten dari Perishable Food

Meat	Specific Heat		
	Before Freezing	After Freezing	Laten Heat (Btu/lb)
Bacon	0.5	0.3	29.69
Fish	0.76	0.41	101.29
Lamb	0.69	0.3	83.46

(Sumber: Dossat, 1998)

Beban Produk di ruang muat IVolume ruang muat I = 1500 m³Stowage factor = 0,6 ton/m³*Kapasitas ruang muat* = *V ruang muat* x *S_f*

= 1500 x 0,6

= 900 ton

= 1.984.158 pounds

Temperatur awal Ikan = -20 °C = -0,4 °F

Temperatur akhir ikan = -25 °C = -13 °F

t = 24 jam

$$q = \frac{M \times c \times \Delta T}{t}$$

$$= 1.984.158 \times 0,6 \times (-12,6)/24$$

$$= -625.009,77 \text{ Btu/hr}$$

Beban Produk di ruang muat IIVolume ruang muat I = 1500 m³Stowage factor = 0,6 ton/m³*Kapasitas ruang muat* = *V ruang muat* x *S_f*

= 1500 x 0,6

= 900 ton

= 1.984.158 pounds

Temperatur awal Ikan = -20 °C = -0,4 °F

Temperatur akhir ikan = -25 °C = -13 °F

t = 24 jam

$$q = \frac{M \times c \times \Delta T}{t}$$

$$\begin{aligned}
 &= 1.984.158 \times 0,6 \times (-12,6)/24 \\
 &= -625.009,77 \text{ Btu/hr}
 \end{aligned}$$

Jadi, total beban produk kedua ruang muat adalah:

$$\begin{aligned}
 q_2 &= q \text{ ruang muat 1} + q \text{ ruang muat 2} \\
 &= -625.009,77 + (-625.009,77) \\
 &= -1.250.019,54 \text{ Btu/hr}
 \end{aligned}$$

B. Beban Transmisi

Beban transmisi merupakan beban pendingin yang disebabkan karena adanya perbedaan temperature didalam dan diluar ruang muat, sehingga panas akan merambat dari temperature tinggi ke temperature yang lebih rendah sampai terjadi keseimbangan. Untuk melakukan perhitungan beban pendingin dilakukan dengan persamaan berikut:

$$q = U \cdot A \cdot (Td)$$

Beban Transmisi pada Ruang Muat 1

Beban transmisi dihitung pada setiap dinding pembatas pada ruang muat, meliputi dinding pembatas ruang muat 1 & 2, dinding pembatas kanan/kiri, atap dan dinding depan-belakang.

Beban Transmisi Dinding Pembatas Antar Ruang Muat

Diketahui:

$$U = 0.0787 \text{ Btu/h Ft } ^\circ\text{F}$$

$$A = 187.5 \text{ m}^2$$

$$\text{Temp udara luar} = 34 \text{ } ^\circ\text{C} = 66 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$\text{Temp udara ruang muat} = -25 \text{ } ^\circ\text{C} = -13 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$\text{Td(perbedaan temperature)} = 79 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Sehingga } q_3(\text{pembatas}) &= 0.0787 \times 187.5 \times 79 \\
 &= 1.165,74 \text{ Btu/hr}
 \end{aligned}$$

Beban Transmisi Dinding sebelah Kanan

Diketahui:

$$U = 0.1475 \text{ Btu/h Ft } ^\circ\text{F}$$

$$A = 187.5 \text{ m}^2$$

$$\text{Temp udara luar} = 34 \text{ } ^\circ\text{C} = 66 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$\text{Temp udara ruang muat} = -25 \text{ } ^\circ\text{C} = -13 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$\text{Td(perbedaan temperature)} = 79 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$\begin{aligned} \text{Sehingga } q_3(\text{pembatas}) &= 0.1475 \times 187.5 \times 79 \\ &= 2184,84 \text{ Btu/hr} \end{aligned}$$

Beban Transmisi Dinding Depan

Diketahui:

$$U = 0.1475 \text{ Btu/h Ft } ^\circ\text{F}$$

$$A = 25 \text{ m}^2$$

$$\text{Temp udara luar} = 34 \text{ } ^\circ\text{C} = 66 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$\text{Temp udara ruang muat} = -25 \text{ } ^\circ\text{C} = -13 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$\text{Td(perbedaan temperature)} = 79 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$\begin{aligned} \text{Sehingga } q_3(\text{pembatas}) &= 0.1475 \times 25 \times 79 \\ &= 291.3125 \text{ Btu/hr} \end{aligned}$$

Beban Transmisi Dinding Belakang

Diketahui:

$$U = 0.1475 \text{ Btu/h Ft } ^\circ\text{F}$$

$$A = 25 \text{ m}^2$$

$$\text{Temp udara luar} = 34 \text{ } ^\circ\text{C} = 66 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$\text{Temp udara ruang muat} = -25 \text{ } ^\circ\text{C} = -13 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$\text{Td(perbedaan temperature)} = 79 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$\begin{aligned} \text{Sehingga } q_3(\text{pembatas}) &= 0.1475 \times 25 \times 79 \\ &= 291.3125 \text{ Btu/hr} \end{aligned}$$

Beban Transmisi Atap(Gladak)

Diketahui:

$$U = 0.1475 \text{ Btu/h Ft } ^\circ\text{F}$$

$$A = 120 \text{ m}^2$$

$$\text{Temp udara luar} = 34 \text{ } ^\circ\text{C} = 66 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$\text{Temp udara ruang muat} = -25 \text{ } ^\circ\text{C} = -13 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$\text{Td(perbedaan temperature)} = 79 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$\begin{aligned} \text{Sehingga } q_3(\text{pembatas}) &= 0.1475 \times 120 \times 79 \\ &= 1398,3 \text{ Btu/hr} \end{aligned}$$

Jadi, total beban transmisi pada ruang muat 1 adalah:

$$\begin{aligned} q_3 &= q \text{ sekat} + q \text{ dinding kanan} + q \text{ depan-belakang} + \\ &\quad q \text{ atap} \\ &= 1165,74 \text{ Btu/hr} + 2184,84 \text{ Btu/hr} + \\ &\quad 291.3125\text{Btu/hr} + 291.3125\text{Btu/hr} + 1398,3 \text{ Btu/hr} \\ &= 5331.505 \text{ Btu/hr} \end{aligned}$$

Beban Transmisi pada Ruang Muat 2

Beban transmisi dihitung pada setiap dinding pembatas pada ruang muat, meliputi dinding pembatas ruang muat 1 & 2, dinding pembatas kanan/kiri, atap dan dinding depan-belakang.

Beban Transmisi Dinding Pembatas Antar Ruang Muat

Diketahui:

$$U = 0.0787 \text{ Btu/h Ft } ^\circ\text{F}$$

$$A = 187.5 \text{ m}^2$$

$$\text{Temp udara luar} = 34 \text{ } ^\circ\text{C} = 66 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$\text{Temp udara ruang muat} = -25 \text{ } ^\circ\text{C} = -13 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$\text{Td(perbedaan temperature)} = 79 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$\begin{aligned} \text{Sehingga } q_3(\text{pembatas}) &= 0.0787 \times 187.5 \times 79 \\ &= 1.165,74 \text{ Btu/hr} \end{aligned}$$

Beban Transmisi Dinding sebelah Kiri

Diketahui:

$$U = 0.1475 \text{ Btu/h Ft } ^\circ\text{F}$$

$$A = 187.5 \text{ m}^2$$

$$\text{Temp udara luar} = 34 \text{ } ^\circ\text{C} = 66 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$\text{Temp udara ruang muat} = -25 \text{ } ^\circ\text{C} = -13 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$\text{Td(perbedaan temperature)} = 79 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$\begin{aligned} \text{Sehingga } q_3(\text{pembatas}) &= 0.1475 \times 187.5 \times 79 \\ &= 2184,84 \text{ Btu/hr} \end{aligned}$$

Beban Transmisi Dinding Depan

Diketahui:

$$U = 0.1475 \text{ Btu/h Ft } ^\circ\text{F}$$

$$A = 25 \text{ m}^2$$

$$\text{Temp udara luar} = 34 \text{ } ^\circ\text{C} = 66 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$\text{Temp udara ruang muat} = -25 \text{ } ^\circ\text{C} = -13 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$\text{Td(perbedaan temperature)} = 79 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$\begin{aligned} \text{Sehingga } q_3(\text{pembatas}) &= 0.1475 \times 25 \times 79 \\ &= 291.3125 \text{ Btu/hr} \end{aligned}$$

Beban Transmisi Dinding Belakang

Diketahui:

$$U = 0.1475 \text{ Btu/h Ft } ^\circ\text{F}$$

$$A = 25 \text{ m}^2$$

$$\text{Temp udara luar} = 34 \text{ } ^\circ\text{C} = 66 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$\text{Temp udara ruang muat} = -25 \text{ } ^\circ\text{C} = -13 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$\text{Td(perbedaan temperature)} = 79 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$\begin{aligned} \text{Sehingga } q_3(\text{pembatas}) &= 0.1475 \times 25 \times 79 \\ &= 291.3125 \text{ Btu/hr} \end{aligned}$$

Beban Transmisi Atap(Gladak)

Diketahui:

$$U = 0.1475 \text{ Btu/h Ft } ^\circ\text{F}$$

$$A = 120 \text{ m}^2$$

$$\text{Temp udara luar} = 34 \text{ } ^\circ\text{C} = 66 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$\text{Temp udara ruang muat} = -25 \text{ } ^\circ\text{C} = -13 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$\text{Td(perbedaan temperature)} = 79 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$\begin{aligned} \text{Sehingga } q_3(\text{pembatas}) &= 0.1475 \times 120 \times 79 \\ &= 1398,3 \text{ Btu/hr} \end{aligned}$$

Jadi, total beban transmisi pada ruang muat 1 adalah:

$$\begin{aligned} q_3 &= q \text{ sekat} + q \text{ dinding kanan} + q \text{ depan-belakang} + \\ &\quad q \text{ atap} \\ &= 1165,74 \text{ Btu/hr} + 2184,84 \text{ Btu/hr} + \\ &\quad 291.3125\text{Btu/hr} + 291.3125\text{Btu/hr} + 1398,3 \text{ Btu/hr} \\ &= 5331.505 \text{ Btu/hr} \end{aligned}$$

Sehingga total beban transmisi pada kedua ruang muat adalah:

$$\begin{aligned} q_3 &= 5331.505 \text{ Btu/hr} + 5331.505 \text{ Btu/hr} \\ &= 10663, 01 \text{ Btu/hr} \end{aligned}$$

C. Beban Infiltrasi

Beban infiltrasi merupakan panas udara luar yang masuk ke ruang muat ketika dilakukan loading dan unloading, kondisi ini juga bisa disebabkan karena buka tutup pintu palka sehingga terjadi pertukaran panas antara ruang muat dengan udara luar. Jumlah udara luar yang masuk ke dalam ruang muat dalam 24 jam bergantung pada jumlah pintu palka, ukuran pintu, letak pintu palka, seberapa sering pintu dibuka dan berapa lama pintu dibuka serta densitas udara lingkungan atau udara luar dan densitas udara dalam ruang muat. Faktor-faktor tersebut sangat

sulit untuk ditentukan, sangat bervariasi bergantung sama instalasi kapal, oleh sebab itu dibawah ini merupakan tabel beban infiltrasi yang dapat membantu dalam penelitian terkait perhitungan beban infiltrasi. Dari tabel 10-9 B hal 452 Dossat diperoleh faktor pergantian udara sebesar 0,0741 kJ/L. beban infiltrasi dapat dihitung dengan menggunakan rumus persamaan berikut:

$$Q = \text{laju infiltrasi} \left(\frac{L}{s} \right) \times \text{perubahan entalpi} \left(\frac{kJ}{L} \right)$$

Table 28 Average Air Infiltration Rates in L/s Due to Door

Room Volume (m ³)	Infiltration rate (L/s)	
	Rooms Above 0°C	Rooms Below 0°C
7	3.1	2.3
8.5	3.4	2.6
10	3.7	2.8
15	4.4	3.3
20	5	3.8
25	5.5	4.2
30	5.9	4.6
40	6.8	5.4
50	7.5	5.8
75	9	6.9
100	10.2	7.9
150	12.2	9.4
200	13.9	10.9
250	15.3	11.9
300	16.7	12.9

400	19	14.9
500	21.4	16.8
600	23.6	18.1
700	24.3	18.6
800	25.9	20.4
900	27.1	21.9
1000	28.9	23.1
1100	34.6	27.4
1200	37.2	29.5
1300	39.8	31.5
1400	42.5	33.6
1500	45.1	35.7

(Sumber: Dossat,1981)

Dari tabel tersebut diperoleh nilai infiltrasi udara sebesar 35,7 L/s. Sehingga diperoleh nilai beban infiltrasi senilai:

$$\begin{aligned}
 q_4 &= (0,0741 \times 35,7 \text{ L/s}) \times 2 \\
 &= 2,645 \times 2 \\
 &= 5,29 \text{ Btu/hr}
 \end{aligned}$$

D. Beban Radiasi

Untuk menghitung beban radiasi diperoleh dengan persamaan

$$q = \sigma \cdot A \cdot (T_1^4 - T_2^4)$$

Diketahui:

$$\sigma = 5,67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \text{ K}^4$$

$$A = 120 \text{ m}^2$$

$$T_1 = 33 \text{ }^\circ\text{C} + 273 = 306$$

$$T_2 = -25 \text{ }^\circ\text{C} + 273 = 248$$

$$q_5 = 5,67 \times 10^{-8} \times 120 \times (306^4 - 248^4)$$

$$\begin{aligned}
&= 0.000006804 \times (8767700496 - 3782742016) \\
&= 0,000006804 \times 4984958480 \\
&= 33917,65749792 \text{ Btu/hr} \times 2(\text{ruang muat}) \\
&= 67835.31499584 \text{ Btu/hr}
\end{aligned}$$

Dengan demikian total beban merupakan total keempat beban diatas yang sudah dihitung dikali dengan 10% dari beban total. Untuk mencari kapasitas peralatan, beban total dikali 24 jam dibagi dengan *running time* (dalam jam).

$$\begin{aligned}
\text{Total beban} &= q_2 + q_3 + q_4 + q_5 \\
&= -1.250.019,54 \text{ Btu/hr} + 10663,3 \text{ Btu/hr} + \\
&5,29 \text{ Btu/hr} + 67835.31499584 \text{ Btu/hr} \\
&= -1.171.515,636 \text{ Btu/hr} \\
&= 295.414,068 \text{ Kcal/hr} \\
&= 339,85 \text{ kj/s} \\
&= 339,85 \text{ kw}
\end{aligned}$$

Konversi:

$$1 \text{ Btu/hr} = 0,252164 \text{ Kcal/hr}$$

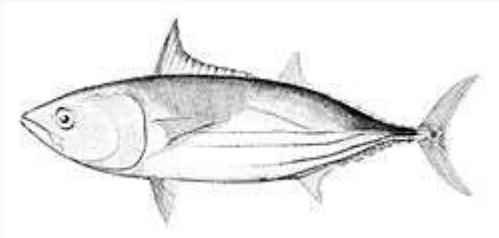
$$1 \text{ Kcal/hr} = 0,00116222 \text{ kj/s}$$

$$1 \text{ kj/s} = 1 \text{ kw}$$

LAMPIRAN

Lampiran 1.
Ikan Cakalang

Cakalang



Klasifikasi ilmiah

- Kerajaan: [Animalia](#)
Filum: [Chordata](#)
Kelas: [Actinopterygii](#)
Ordo: [Perciformes](#)
Famili: [Skombride](#)
Genus: ***Katsuwonus***
Kishinouye, 1915
Spesies: ***K. pelamis***

Nama binomial

Katsuwonus pelamis
([Linnaeus](#), 1758)

Ikan Cakalang (*Katsuwonus pelamis*) adalah ikan berukuran sedang dari familia Skombridae (tuna). Satu-satunya spesies dari genus *Katsuwonus*. Cakalang terbesar, panjang tubuhnya bisa mencapai 1 m dengan berat lebih dari 18 kg. Cakalang yang banyak tertangkap berukuran panjang sekitar 50 cm. Nama-nama lainnya di antaranya cakalan, cakang, kausa, kambojo, karamojo, turingan, dan ada pula yang menyebutnya tongkol. Dalam bahasa Inggris dikenal sebagai skipjack tuna.

Penyebaran

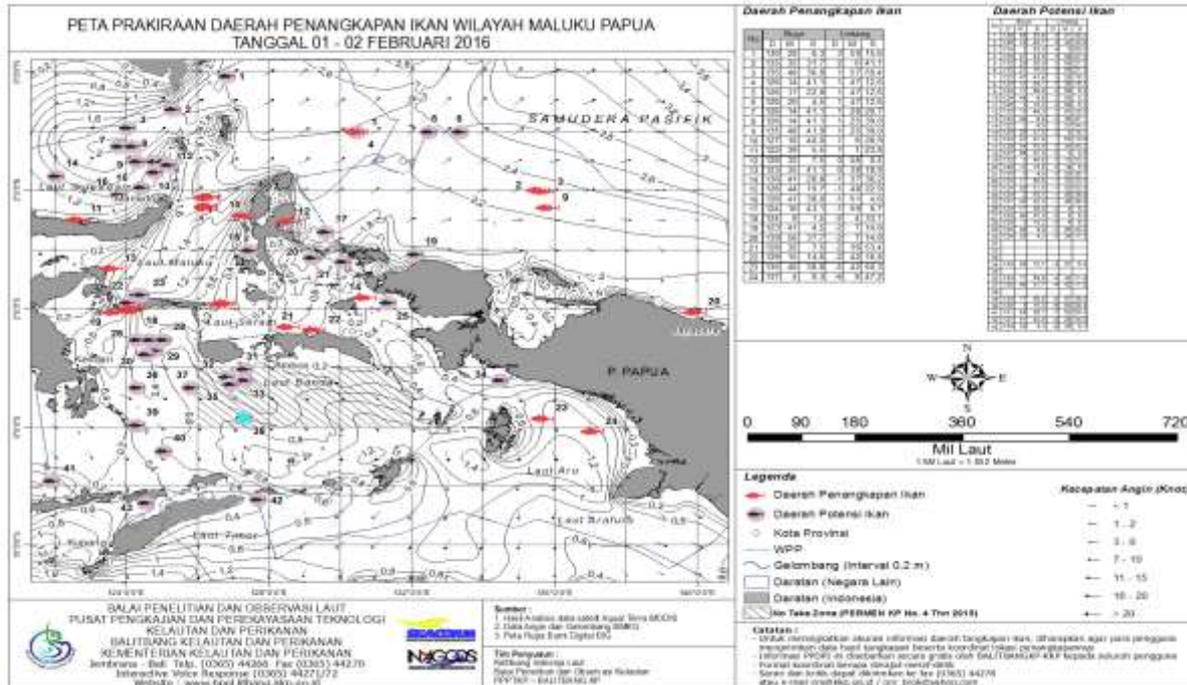
Cakalang dikenal sebagai perenang cepat di laut zona pelagik. Ikan ini umum dijumpai di laut tropis dan subtropis di Samudra Hindia, Samudra Pasifik, dan Samudra Atlantik. Cakalang tidak ditemukan di utara Laut Tengah. Hidup bergerombol dalam kawanan berjumlah besar (hingga 50 ribu ekor ikan). Makanan mereka berupa ikan, krustasea, cephalopoda, dan moluska. Cakalang merupakan mangsa penting bagi ikan-ikan besar di zona pelagik, termasuk hiu.

Pemanfaatan dan pembudidayaan

Ikan cakalang adalah ikan bernilai komersial tinggi, dan dijual dalam bentuk segar, beku, atau diproses sebagai ikan kaleng, ikan kering, atau ikan asap. Dalam bahasa Jepang, cakalang disebut katsuo. Ikan cakalang diproses untuk membuat katsuobushi yang merupakan bahan utama dashi (kaldu ikan) untuk masakan Jepang. Di Manado, dan juga Maluku, ikan cakalang diawetkan dengan cara pengasapan, disebut cakalang fufu (cakalang asap). Adapun, cakalang dibudidayakan sebagai

salah satu sumber bagi masyarakat juga sumber devisa negara. Cakalang merupakan salah satu sumber protein hewani dengan kandung omega-3 yang dibutuhkan tubuh. Sebagai komoditas yang dapat diekspor (exportable), cakalang turut berperan dalam ekonomi Indonesia. Sumberdaya cakalang dimanfaatkan oleh kalangan menengah ke atas.

Lampiran 2 Peta *fishing ground* Perikanan Maluku



Lampiran 3. Data hasil perhitungan Pendekatan

Variable	MSY	MEY	OSY
Effort (trip)	21.251	20.431	40.862
Catch(ton/tahun)	32.954,98	32.905,91	4.889,98

Pendekatan	Total Potensi (a)	JTB (b)	Upaya Optimum (c)	Indeks Kelimpahan rata-rata (d)	Upaya (trip) (X)	Jumlah Kapal Pole and Line (Y)	Jumlah Kapal Purse Seine (Z)
MSY	65.811,82	32.954,98	21.251	0.25	5.312,75	45	5
MEY	65.811,82	32.905,91	20.431	0.25	5.107,75	43	5
OSY	65.811,82	4.889,98	40.862	0.25	10.215,5	86	9

Keterangan:

Total potensi = a Maka X = cd

Potensi pada tingkat MEY = b

Upaya optimum = c

Index kelimpahan = d

Upaya (trip) = X

Jumlah kapal pole and line (Y) = $X / (3 * 4 * 10)$;

3 = jumlah bulan setiap musim;

4 = 4 hari/trip;

10 = jumlah tangkapan maksimum (ton) kapal-kapal pole and line

Jumlah kapal pukat cincin = $Z = Y / 10$

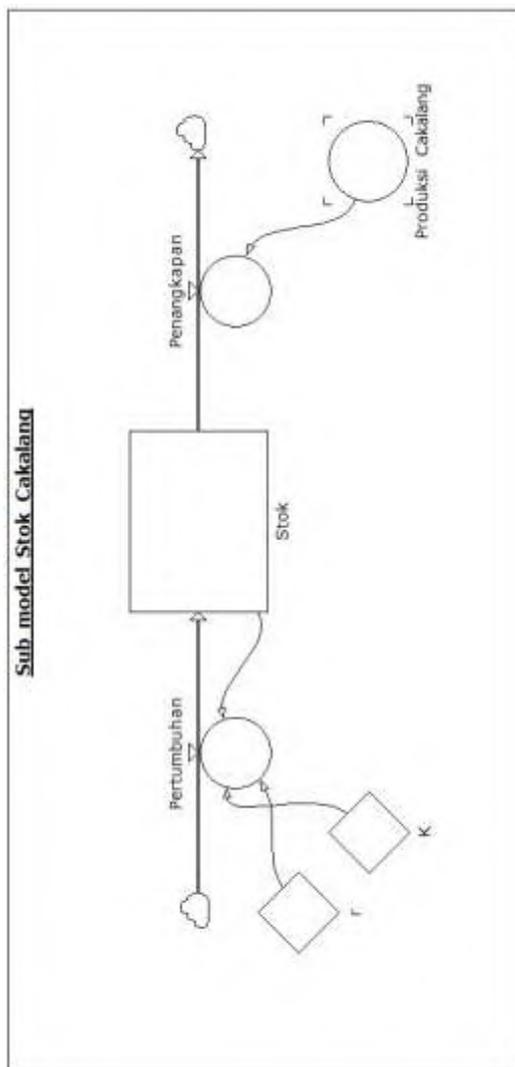
1/10 = kemampuan tangkap pole and line terhadap pukat cincin

Lampiran 4.

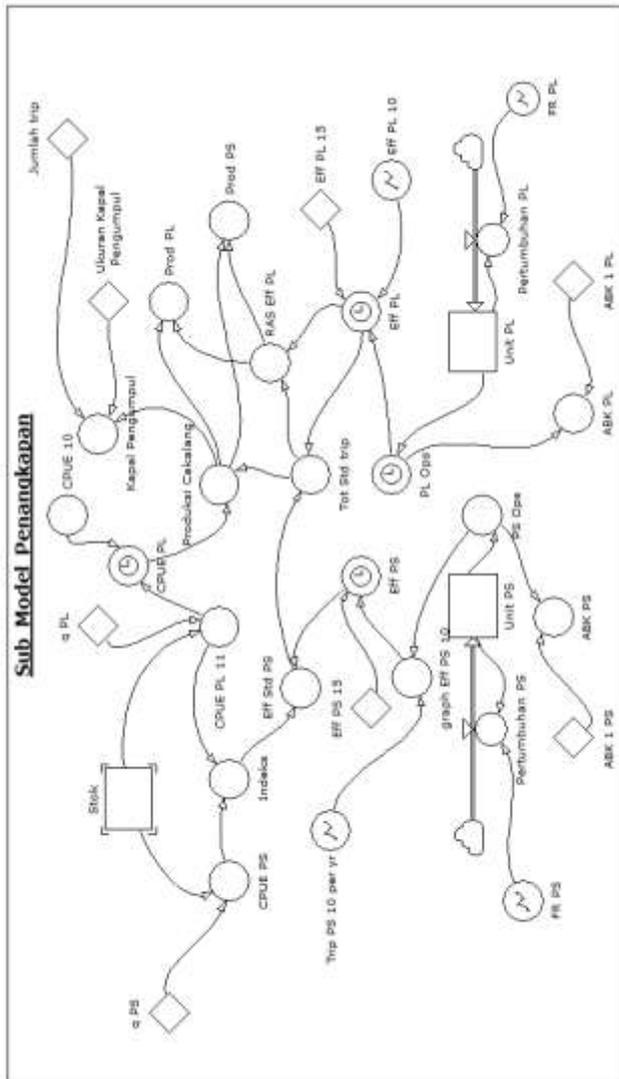
Tabel 1. Data Perikanan Cakalang Maluku 2005-2014

Tahun	Produksi 714	Produksi 715	Produksi 718	Produksi Maluku
2005	9167	2199	412	11778
2006	15650	5075	1050	21775
2007	25321	8024	2814	36159
2008	26957	8870	627	36454
2009	42236	6179	2457	50872
2010	24467	6597	2700	33764
2011	39582	9490	2944	52016
2012	38527	10697	2095	51319
2013	38159	10923	2155	51237
2014	39546	10271	1888	51705

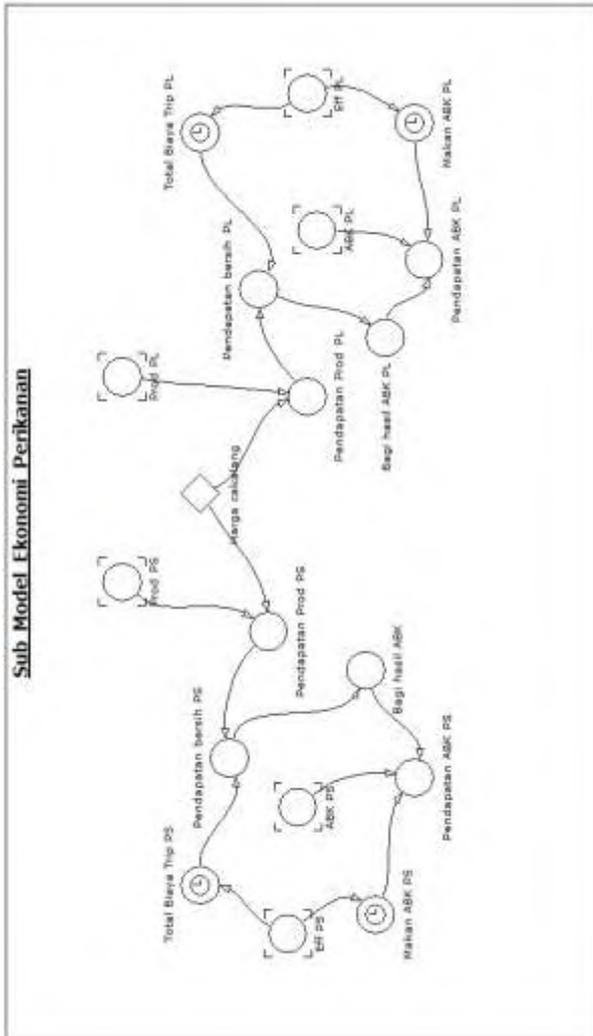
Lampiran 5.
Sub model Stok Ikan



Lampiran 6.
Sub model Penangkapan



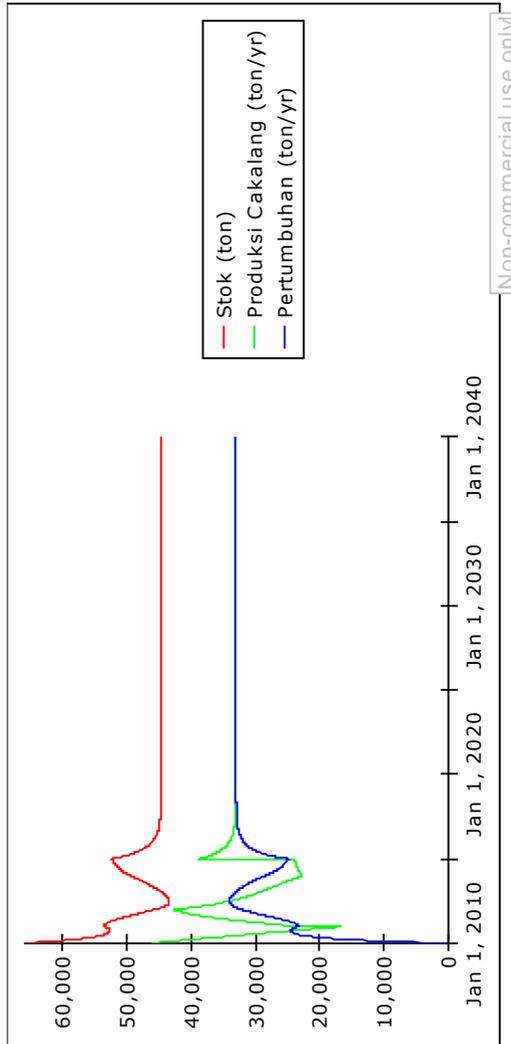
Lampiran 7.
Sub Model Ekonomi Perikanan



Lampiran 8.

Grafik Stok, pertumbuhan dan produksi

Hasil Grafik MSY

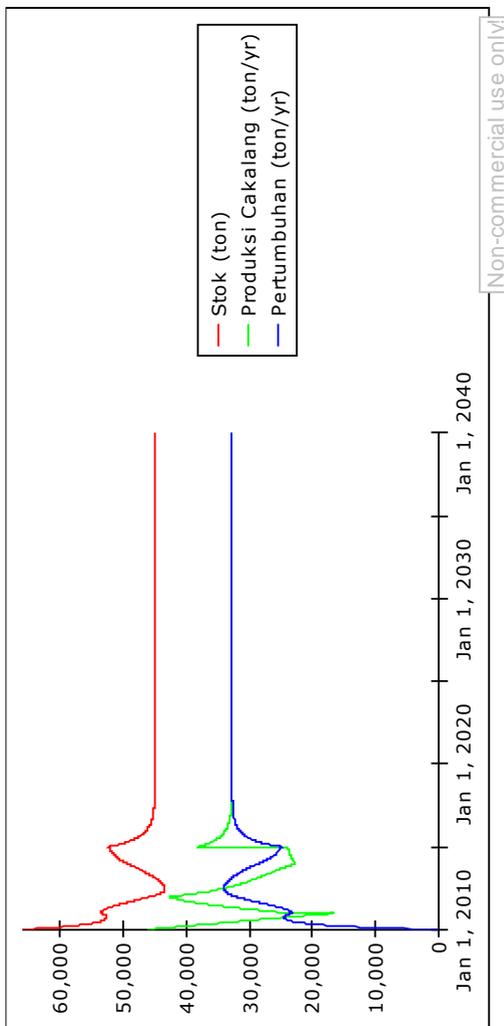


Non-commercial use only!

Lampiran 9.

Grafik Stok, pertumbuhan dan produksi

Hasil Grafik MEY

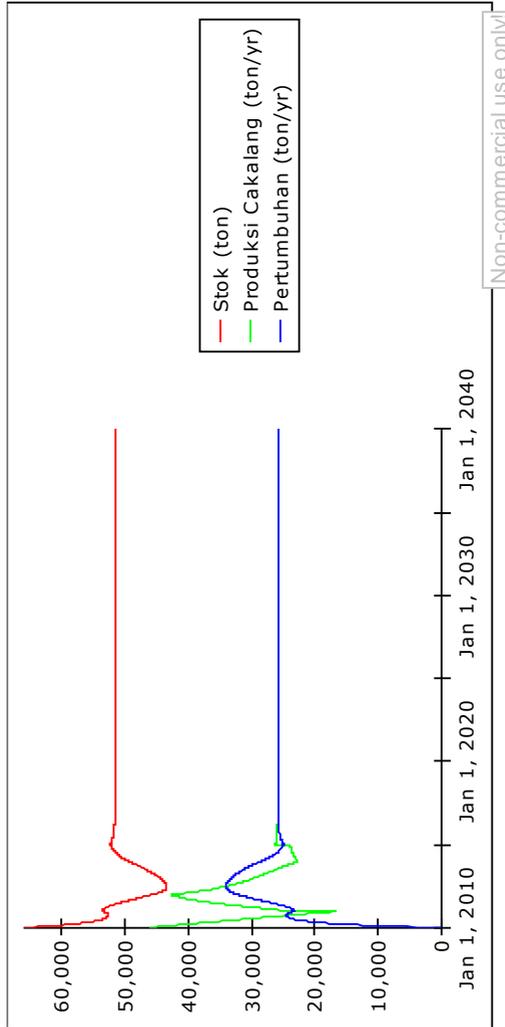


Non-commercial use only

Lampiran 10.

Grafik Stok, pertumbuhan dan produksi

Hasil Grafik OSY



Non-commercial use only!

Lampiran 11.
Tabel Stok, Produksi dan Pertumbuhan
Pendekatan MSY

Time	Stok (ton)	Produksi Cakalang (ton/yr)	Pertumbuhan (ton/yr)
Jan 1, 2010	66,000.00	46,101.00	0.00
Jan 1, 2011	53,375.79	19,613.56	23,277.52
Jan 1, 2012	45,579.33	42,651.95	32,153.36
Jan 1, 2013	44,348.87	29,542.73	33,170.62
Jan 1, 2014	49,286.79	22,710.55	28,456.40
Jan 1, 2015	52,152.24	25,983.20	24,948.44
Jan 1, 2016	46,017.05	34,043.41	31,766.48
Jan 1, 2017	44,876.90	33,199.93	32,746.99
Jan 1, 2018	44,645.58	33,028.80	32,934.96
Jan 1, 2019	44,597.46	32,993.20	32,973.60
Jan 1, 2020	44,587.40	32,985.76	32,981.66
Jan 1, 2021	44,585.29	32,984.20	32,983.34
Jan 1, 2022	44,584.85	32,983.87	32,983.69
Jan 1, 2023	44,584.76	32,983.81	32,983.77
Jan 1, 2024	44,584.74	32,983.79	32,983.78
Jan 1, 2025	44,584.74	32,983.79	32,983.79
Jan 1, 2026	44,584.74	32,983.79	32,983.79
Jan 1, 2027	44,584.74	32,983.79	32,983.79
Jan 1, 2028	44,584.74	32,983.79	32,983.79
Jan 1, 2029	44,584.74	32,983.79	32,983.79
Jan 1, 2030	44,584.74	32,983.79	32,983.79
Jan 1, 2031	44,584.74	32,983.79	32,983.79
Jan 1, 2032	44,584.74	32,983.79	32,983.79
Jan 1, 2033	44,584.74	32,983.79	32,983.79
Jan 1, 2034	44,584.74	32,983.79	32,983.79
Jan 1, 2035	44,584.74	32,983.79	32,983.79
Jan 1, 2036	44,584.74	32,983.79	32,983.79
Jan 1, 2037	44,584.74	32,983.79	32,983.79
Jan 1, 2038	44,584.74	32,983.79	32,983.79
Jan 1, 2039	44,584.74	32,983.79	32,983.79
Jan 1, 2040	44,584.74	32,983.79	32,983.79

Non-commercial use only

Lampiran 12.
Tabel Stok, Produksi dan Pertumbuhan
Pendekatan MEY

Time	Stok (ton)	Produksi Cakalang (ton/yr)	Pertumbuhan (ton/yr)
Jan 1, 2010	66,000.00	46,101.00	0.00
Jan 1, 2011	53,375.79	19,613.56	23,277.52
Jan 1, 2012	45,579.33	42,651.95	32,153.36
Jan 1, 2013	44,348.87	29,542.73	33,170.62
Jan 1, 2014	49,286.79	22,710.55	28,456.40
Jan 1, 2015	52,152.24	25,902.71	24,948.44
Jan 1, 2016	46,263.15	33,725.84	31,543.05
Jan 1, 2017	45,173.23	32,931.29	32,500.79
Jan 1, 2018	44,954.20	32,771.61	32,683.35
Jan 1, 2019	44,909.12	32,738.75	32,720.52
Jan 1, 2020	44,899.80	32,731.96	32,728.18
Jan 1, 2021	44,897.87	32,730.55	32,729.77
Jan 1, 2022	44,897.47	32,730.26	32,730.10
Jan 1, 2023	44,897.39	32,730.20	32,730.16
Jan 1, 2024	44,897.37	32,730.18	32,730.18
Jan 1, 2025	44,897.37	32,730.18	32,730.18
Jan 1, 2026	44,897.37	32,730.18	32,730.18
Jan 1, 2027	44,897.37	32,730.18	32,730.18
Jan 1, 2028	44,897.37	32,730.18	32,730.18
Jan 1, 2029	44,897.37	32,730.18	32,730.18
Jan 1, 2030	44,897.37	32,730.18	32,730.18
Jan 1, 2031	44,897.37	32,730.18	32,730.18
Jan 1, 2032	44,897.37	32,730.18	32,730.18
Jan 1, 2033	44,897.37	32,730.18	32,730.18
Jan 1, 2034	44,897.37	32,730.18	32,730.18
Jan 1, 2035	44,897.37	32,730.18	32,730.18
Jan 1, 2036	44,897.37	32,730.18	32,730.18
Jan 1, 2037	44,897.37	32,730.18	32,730.18
Jan 1, 2038	44,897.37	32,730.18	32,730.18
Jan 1, 2039	44,897.37	32,730.18	32,730.18
Jan 1, 2040	44,897.37	32,730.18	32,730.18

Non-commercial use only

Lampiran 12.
Tabel Stok, Produksi dan Pertumbuhan
Pendekatan OSY

Time	Stok (ton)	Produksi Cakalang (ton/yr)	Pertumbuhan (ton/yr)
Jan 1, 2010	66,000.00	46,101.00	0.00
Jan 1, 2011	53,375.79	19,613.56	23,277.52
Jan 1, 2012	45,579.33	42,651.95	32,153.36
Jan 1, 2013	44,348.87	29,542.73	33,170.62
Jan 1, 2014	49,286.79	22,710.55	28,456.40
Jan 1, 2015	52,152.24	24,210.87	24,948.44
Jan 1, 2016	51,585.60	25,895.70	25,687.15
Jan 1, 2017	51,487.69	25,846.55	25,812.54
Jan 1, 2018	51,471.70	25,838.53	25,832.96
Jan 1, 2019	51,469.08	25,837.21	25,836.30
Jan 1, 2020	51,468.66	25,837.00	25,836.85
Jan 1, 2021	51,468.59	25,836.96	25,836.94
Jan 1, 2022	51,468.57	25,836.96	25,836.95
Jan 1, 2023	51,468.57	25,836.96	25,836.95
Jan 1, 2024	51,468.57	25,836.96	25,836.96
Jan 1, 2025	51,468.57	25,836.96	25,836.96
Jan 1, 2026	51,468.57	25,836.96	25,836.96
Jan 1, 2027	51,468.57	25,836.96	25,836.96
Jan 1, 2028	51,468.57	25,836.96	25,836.96
Jan 1, 2029	51,468.57	25,836.96	25,836.96
Jan 1, 2030	51,468.57	25,836.96	25,836.96
Jan 1, 2031	51,468.57	25,836.96	25,836.96
Jan 1, 2032	51,468.57	25,836.96	25,836.96
Jan 1, 2033	51,468.57	25,836.96	25,836.96
Jan 1, 2034	51,468.57	25,836.96	25,836.96
Jan 1, 2035	51,468.57	25,836.96	25,836.96
Jan 1, 2036	51,468.57	25,836.96	25,836.96
Jan 1, 2037	51,468.57	25,836.96	25,836.96
Jan 1, 2038	51,468.57	25,836.96	25,836.96
Jan 1, 2039	51,468.57	25,836.96	25,836.96
Jan 1, 2040	51,468.57	25,836.96	25,836.96

Non-commercial use only

Lampiran 13. Kapal pemanding

NSK - 2959 LIVE FISH CARRIER: 2000 m3, DIESEL FUELED



Norwegian supplier of innovative ship design

General

The vessel has optimized hull to obtain low fuel consumption. The fish holding tanks were designed so that special attention was given to water circulation, which was to be ensured throughout internal structures of tanks and for this purpose the system has been analyzed by CFD studies.

Main Characteristics

Length over all	69.99 m
Breadth moulded	15.00 m
Depth to main deck	6.60 m
Max draft	5.50 m
Cargo hold	2000 m3
ME	1850 kW
Service speed fully loaded	12 kn
Class	DNV +1A1-E0-TMON. NMA EUROPEAN TRADE

NSK Ship design
Strandgt. 1, 9405 Harstad, Norway
Phone: (+47) 7700 1800, E-mail: nsk@nsk.as

NSK SHIP DESIGN

NSK - 2585 LIVE FISH CARRIER: 3000 m³, DIESEL FUELED

The vessel with a diesel-electric propulsion plant



Norwegian supplier of innovative ship design

General

The vessel has optimized hull to obtain low fuel consumption. The fish holding tanks were designed so that special attention was given to water circulation, which was to be ensured throughout internal structures of tanks and for this purpose the system has been analyzed by CFD studies.

Main Characteristics

Length over all	77.175 m
Breadth moulded	16.00 m
Depth to main deck	7.30 m
Max draft	6.25 m
Cargo hold	3000 m ³
ME	2400 kW
Service speed fully loaded	12 knots
Class	DNV 1A1-E0-TMON. NMA EUROPEAN TRADE

NSK Ship design

Standgt. 1, 9405 Harstad, Norway

Phone: (+47) 7700 1800, E-mail: nsk@nsk.as

NSK SHIP DESIGN

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Overfishing dan deplesi sumber daya perikanan adalah masalah global yang mengancam ketersediaan pangan dunia. Dengan penunjukan Provinsi Maluku sebagai Lumbung Ikan Nasional pada tahun 2030 sangat mengisyaratkan terjadinya hal tersebut apabila tidak ada pengelolaan yang jelas dari pemberi kebijakan. Adapun hasil penelitian yang menjadi kesimpulan diantaranya:

1. Terdapat saling ketergantungan antara berbagai faktor dalam model klaster perikanan berkelanjutan, yaitu antara biomass stok ikan, laju penangkapan sampai pendapatan ABK kapal. Untuk membuat kondisi stok keberlanjutan perlu diketahui kondisi stok ikan dan harus dimonitor berkala. Jumlah stok ikan menjadi dasar penentuan kebijakan termasuk batas upaya penangkapan.
2. Kapal pengumpul yang diusulkan dalam penelitian ini dapat menjadi bank ikan dan juga akomodasi untuk kapal-kapal kecil, akan tetapi upaya penangkapan ikan harus terus dimonitor supaya keberlanjutan ikan cakalang dapat terus lestari.
3. Kebutuhan daya mesin pendingin pada kapal pengumpul diketahui sebesar 353.27 Kw

5.2. **Saran**

Penelitian ini membuka beberapa peluang untuk penelitian selanjutnya, saran bagi penelitian lanjutan diantaranya:

1. Pendugaan parameter biologi pada kawasan WPP-RI 715 dan WPP-RI 718
2. Penelitian ini dapat dikembangkan pada penelitian tentang keterkaitan antara kemampuan produksi sumber daya dengan perencanaan kapasitas industri penunjang fasilitas Provinsi Maluku sebagai Lumbung Ikan Nasional

DAFTAR PUSTAKA

DKP 2010, Statistik Perikanan Tangkap Indonesia 2010, Direktorat Jenderal Perikanan Tangkap, Jakarta.

FAO 2009, The state of World Fisheries and Aquaculture 2008, FAO, Rome.

Ali Taufiq Hidayat, R.O. Saut Gurning, Sutopo Purwono F., “Evaluasi Sistem Manajemen Rantai Dingin Di Pt. Terminal Petikemas Surabaya (Tps) Untuk Hortikultura; Jeruk Dan Anggur”, Skripsi S1, Teknik Sistem Perkapalan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Hendrik Stoutena, Hans Poletb, Jochen Depesteleb, Els Vanderperrenb, Aimé Heenec, Xavier Gellynckd, “System Dynamics in sea fisheries policy building”, Institute for Agriculture and Fisheries Research (ILVO)

Powersim Software AS, Powersim Studio 2005 Reference Manual, 2005

Grasiano Warakano Lailossa, Alam Baheramsyah, Taufik Fajar Nugroho, “Analisa Model Sistem Pendingin Ikan Sesuai Kebutuhan Konsumsi Ikan Lokal Di Pulau Ambon”, Institut Teknologi Sepuluh Nopember

www.greenpeace.org, “Indonesia dalam krisis”

Fauzi, A., 2005, Pemodelan Sumber Daya Perikanan dan Kelautan, Gramedia Pustaka Utama Jakarta

- Forrester, J.W., 1961, *Industry Dynamics*, The M.I.T Press, New York
- Purwaningsih, Ratna., Widjaja, Sjarief., Nugroho, Setyo., Pratiwi, Sri Gunani., 2013, *Pengembangan Model Sistem Dinamik Klaster Industri Perikanan Berkelanjutan*, Disertasi FTK ITS, Surabaya
- Waileruny, Welem., 2014, *Pemanfaatan Berkelanjutan Sumberdaya Perikanan Cakalang (Katsuwonus pelamis) di Laut Banda dan Sekitarnya Provinsi Maluku*, Disertasi IPB, Bogor
- Dossat, Roy J. 1981. *Principles of Refrigeration Second Edition*. Canada: John Wiley and Sons, Inc.
- Zulbainarni N. 2012. *Teori dan Praktik Pemodelan Bioekonomi dalam Pengelolaan Perikanan Tangkap. Dari overfishing (kelebihan tangkap) menuju sustainability (keberlanjutan)*. Penerbit IPB Press. Kampus IPB Taman Kencana Bogor.

BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di Sukoharjo pada tanggal 17 Mei 1994 dan merupakan anak kedua dari tiga bersaudara. Sampai saat ini penulis telah menyelesaikan pendidikan formal di SDN 1 Bulakan, SMPN 1 Sukoharjo, SMA N 3 Sukoharjo dan saat ini sedang menempuh pendidikan perguruan tinggi program sarjana di Institut Teknologi Sepuluh Nopember pada Jurusan Teknik Sistem Perkapalan. Pada saat ini penulis menjalani pendidikan di ITS, penulis mengikuti organisasi di Unit Kegiatan Mahasiswa Maritime Challenge, Ikatan Keluarga Mahasiswa Sukoharjo dan Himpunan Mahasiswa Teknik Sistem Perkapalan. Penulis juga merupakan salah satu anggota tim Indonesia dalam ajang Atlantic Challenge International. Semenjak semester enam, penulis aktif menimba ilmu di Laboratorium RAMS (Reability, Avaibility, Maintainability and Safety). Penulis menyelesaikan studi strata satu (S1) dalam delapan semester.

Ahmad Bashori
ahmadbashori.me@gmail.com