



TUGAS AKHIR – TI141501

**PERANCANGAN MODEL SIMULASI BERBASIS AGEN PADA
SISTEM BUDIDAYA IKAN KERAPU DI KECAMATAN
BRONDONG, KABUPATEN LAMONGAN**

ULTAMAS EKA RAHMAWAN

NRP 024 1134 0000 015

Dosen Pembimbing

Prof. Dr. Ir. Budisantoso Wirjodirdjo, M. Eng.

NIP. 19550308 197903 1001

Dosen Ko-Pembimbing

Niniet Indah Arvitrida, S.T., M.T., Ph.D.

NIP. 19840706 200912 2007

DEPARTEMEN TEKNIK INDUSTRI

Fakultas Teknologi Industri

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya 2018



FINAL PROJECT – TI141501

**AGENT-BASED MODELING AND SIMULATION DESIGN
FOR GROUPERS FISH CULTIVATION AT KECAMATAN
BRONDONG, KABUPATEN LAMONGAN**

ULTAMAS EKA RAHMAWAN

NRP 024 1134 0000 015

Supervisor

Prof. Dr. Ir. Budisantoso Wirjodirdjo, M. Eng.

NIP. 19550308 197903 1001

Co-Supervisor

Niniet Indah Arvitrida, S.T., M.T., Ph.D.

NIP. 19840706 200912 2007

INDUSTRIAL ENGINEERING DEPARTMENT

Faculty of Industrial Technology

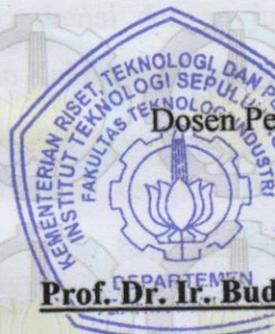
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya 2018

LEMBAR PENGESAHAN
PERANCANGAN MODEL SIMULASI BERBASIS AGEN PADA SISTEM
BUDIDAYA IKAN KERAPU DI KECAMATAN BRONDONG,
KABUPATEN LAMONGAN
TUGAS AKHIR

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Program Studi S-1 Departemen Teknik Industri
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya

Oleh :
ULTAMAS EKA RAHMAWAN
NRP 024 1134 0000 015



Disetujui oleh
Dosen Pembimbing Tugas Akhir

Prof. Dr. Ir. Budisantoso Wiriodirdjo, M. Eng.
NIP. 19550308 197903 1001

Dosen Ko-Pembimbing Tugas Akhir

Niniet Indah Arvitrida, S.T., M.T., Ph.D.

NIP. 19840706 200912 2007

SURABAYA, JANUARI 2018

**PERANCANGAN MODEL SIMULASI BERBASIS AGEN
PADA SISTEM BUDIDAYA IKAN KERAPU DI KECAMATAN
BRONDONG, KABUPATEN LAMONGAN**

Nama : Ultamas Eka Rahmawan
NRP : 02411340000015
Dosen Pembimbing : Prof. Dr. Ir. Budisantoso Wirjodirdjo, M. Eng.
Dosen Ko Pembimbing : Niniet Indah Arvitrida, S.T., M.T., Ph.D.

ABSTRAK

Ikan kerapu merupakan salah satu komoditas perikanan laut yang memiliki sumbangsih terhadap perekonomian Indonesia serta jenis ikan yang memiliki potensi dalam proses ekspor ke luar negeri. Jawa Timur, selaku provinsi terbesar kelima se-Indonesia dan terbesar di Pulau Jawa dalam produksi ikan kerapu dari perikanan maupun budidaya yang mencapai angka 729,54 Ton pada tahun 2016. Produksi ikan kerapu melalui budidaya rata-rata hanya 256,4 Ton atau hanya berkisar 0.028% dari peluang pasar di Indonesia. Budidaya ikan kerapu di Jawa Timur yang terkenal dengan jumlah produksi yang banyak terdapat di Kota Situbondo dan Kabupaten Lamongan. Hanya sebesar 1.745,4 Ha dari total 181.280 Ha luas Kabupaten Lamongan yang dimanfaatkan untuk budidaya perikanan tambak seperti ikan kerapu. Pertumbuhan budidaya ikan kerapu di Kabupaten Lamongan semakin baik dengan ditandai oleh peningkatan petani tambak di beberapa desa. Namun banyak pula yang merasa hasil pendapatan yang diterima dari budidaya ikan kerapu lebih rendah dibandingkan dengan petani tambak yang lain. Perilaku yang berbeda dalam melakukan proses budidaya ikan kerapu menyebabkan pertumbuhan ikan kerapu juga mengalami perubahan. Perbedaan perilaku ini membuat produksi ikan kerapu di Kecamatan Brondong, Kabupaten Lamongan menjadi fluktuatif dan perbedaan pendapatan yang didapat. Penelitian ini dilakukan dengan menganalisis interaksi antara petani tambak dengan ikan kerapu yang dimilikinya dalam rangka untuk mencari nilai pendapatan terbesar berdasarkan skenario yang dirancang berdasarkan model simulasi berbasis agen.

Terdapat lima skenario dari penentuan jenis pakan dan dua skenario dari penentuan jenis bibit. Dari hasil simulasi skenario, disimpulkan bahwa skenario yang terbaik adalah pemberian pakan pelet pada pagi hari dan ikan rucah pada sore hari hasil pendapatan sebesar Rp. 2.884.187.531,00 serta menggunakan bibit unggul untuk mendapatkan hasil pendapatan sebesar Rp. 1.972.780.281,00 dalam waktu 5 tahun. Dengan pertimbangan lokasi dan biaya awal serta skenario, diberikan saran untuk membangun model budidaya ikan kerapu pada lokasi lain.

Kata Kunci : Budidaya Ikan, Ikan Kerapu, Pemodelan Sistem Berbasis Agen, Simulasi

AGENT-BASED MODELING AND SIMULATION DESIGN FOR GROUPER FISH CULTIVATION AT KECAMATAN BRONDONG, KABUPATEN LAMONGAN

Name : Ultamas Eka Rahmawan
NRP : 02411340000015
Supervisor : Prof. Dr. Ir. Budisantoso Wirjodirdjo, M. Eng.
Co Supervisor : Niniet Indah Arvitrida, S.T., M.T., Ph.D.

ABSTRACT

Grouper fish is one kind of marine fishery commodities that have contribution to the Indonesian economy as well as one kind of fish that have potential in supporting export process abroad. East Java, as the fifth largest province of Indonesia and the largest in Java in term of groupers production from fisheries and cultivation reaching 729.54 ton in 2016. From cultivation process, grouper fish production is only reaching 256.4 ton or 0.028% of market opportunities in Indonesia Grouper potential. The largest number of grouper fish cultivation in East can be found in Situbondo and Lamongan. But only 1,745.4 hectares of the total 181,280 hectares from Lamongan are utilized for cultivation such as grouper fish. Even though, the growth of grouper cultivation in Lamongan is getting better by seeing statistic that grouper cultivation farmer increasing in some villages. However, some farmer felt that the income received from grouper fish cultivation was lower than that of other farmers. This caused by different behaviour which is in the process of grouper fish cultivation caused different fish growth rate. This kind of behavioral difference makes the production of groupers in Brondong, Lamongan, to fluctuate and caused the difference of income. This research was conducted by analyzing the interaction between the farmers and their grouper fish in order to find the highest revenue based on scenarios designed from agent-based simulation modeling. There are five scenarios, which is separated by feed category and by seed category. From the simulation results, it is concluded that the best scenario is using pellets in the morning and “ikan rucah” in the afternoon which is generate revenue of Rp. 2,884,187,531.00 and using superior seeds to generate revenue of Rp.

1,972,780,281.00 within 5 years. For the future planning, considering location and initial cost as well as scenario, it is advisable to develop a model of grouper fish cultivation at other locations.

Keywords : , Agent-based Modelling, Fish Cultivation, Grouper Fish, Simulation

KATA PENGANTAR

Pertama-tama tak lupa penulis ucapkan rasa syukur ke hadirat Allah SWT karena atas nikmat, rahmat, hidayah dan karunia-Nya penulis diberikan kesehatan untuk menyelesaikan laporan Tugas Akhir dengan judul **“Perancangan Model Simulasi Berbasis Agen untuk Sistem Budidaya Ikan Kerapu di Kecamatan Brondong, Kabupaten Lamongan”**, sebagai persyaratan untuk menyelesaikan studi strata satu (S-1) dan meraih gelar Sarjana Teknik. Penulis juga mengucapkan rasa terima kasih kepada berbagai pihak yang telah mendukung penulis dalam proses penyusunan laporan Tugas Akhir ini. Maka dari itu, penulis ingin mengucapkan rasa terima kasih kepada:

1. Bapak Afron Nasikhin, S.E. dan Ibu Dra. Syukroini Alfat selaku orang tua penulis yang tanpa henti memberikan dukungan, doa, motivasi dan bantuan selama mengerjakan Tugas Akhir.
2. Ahmad Alfian Jauharulhaq dan Aini Najwa Tsurayya selaku adik-adik penulis yang selalu menghibur dan terus memberikan semangat serta motivasi untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Prof. Dr. Ir. Budisantoso Wirjodirdjo, M.Eng. selaku dosen pembimbing penulis sekaligus dosen wali penulis selama masa kuliah yang senantiasa memberikan masukan, kritik, saran, bimbingan, motivasi serta ide-ide dalam penyusunan Tugas Akhir.
4. Ibu Niniet Indah Arvitrida, S.T., M.T., Ph.D. selaku dosen ko pembimbing penulis yang bersedia meluangkan waktunya untuk memberikan banyak ide, masukan, evaluasi, motivasi dan saran bagi penulis selama penyusunan Tugas Akhir.
5. Ibu Diesta Iva Maftuhah, S.T., M.T. dan Bapak Dody Hartanto, S.T., M.T., selaku dosen penguji penulis saat pelaksanaan seminar proposal dan sidang Tugas Akhir yang telah memberikan evaluasi, masukan dan saran terkait penelitian penulis.
6. Seluruh bapak dan ibu dosen serta karyawan Departemen Teknik Industri ITS.

7. Cyprium TI-29, selaku keluarga kedua penulis yang memulai petualangan bersama sejak tahun 2013, yang selalu memberikan hiburan, motivasi, informasi dan evaluasi satu sama lain, dan semoga akan terus berlanjut.
8. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu oleh penulis dalam pengerjaan Tugas Akhir ini.

Harapan penulis bahwa Tugas Akhir ini mampu memberikan manfaat bagi para pembaca maupun untuk penelitian berikutnya. Penulis menyadari bahwa laporan Tugas Akhir ini masih terdapat banyak kekurangan. Maka dari itu, kritik dan saran diperlukan bagi penulis untuk perbaikan selanjutnya.

Surabaya, Januari 2018

Ultamas Eka Rahmawan

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
ABSTRACT	iii
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xiii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	5
1.3. Tujuan Penelitian	6
1.4. Manfaat Penelitian	6
1.5. Ruang Lingkup Penelitian	6
1.5.1. Batasan Penelitian	6
1.5.2. Asumsi Penelitian	7
1.6. Sistematika Laporan	7
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	9
2.1. Ikan Kerapu	9
2.2. Profil Kabupaten Lamongan	13
2.3. Model dan Simulasi	18
2.3.1. Teori Model dan Simulasi	18
2.3.2. Perbandingan Pendekatan Model Simulasi	21
2.4. Agent-based Modelling and Simulation (ABMS)	23
2.5. Diagram dan Pemodelan Sistem	25
2.6. NetLogo	25
2.7. Penelitian-Penelitian Terdahulu	27
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN	31
3.1. Tahap Pendahuluan	31
3.2. Tahap Pengumpulan Data	31
3.3. Tahap Pemodelan dan Pemilihan Skenario	32

3.3.1.	<i>Perancangan Model Konseptual</i>	32
3.3.2.	<i>Tahap Perencanaan Skenario Awal Permasalahan</i>	32
3.3.3.	<i>Tahap Modelling</i>	32
3.3.4.	<i>Tahap Perancangan Parameterisasi Model</i>	33
3.3.5.	<i>Tahap Implementation</i>	33
3.3.6.	<i>Tahap Verification dan Validation</i>	33
3.3.7.	<i>Perancangan Skenario Perbaikan atau Pengembangan</i>	34
3.3.8.	<i>Uji Signifikansi</i>	34
3.4.	Tahap Analisis dan Penarikan Kesimpulan	34
BAB 4 PENGUMPULAN, PENGOLAHAN DATA DAN MODEL		37
4.1.	Pengumpulan Data	37
4.1.1.	<i>Data Eksisting Perkembangan Budidaya Ikan Kerapu</i>	37
4.1.2.	<i>Data Pelaku Tambak Budidaya Ikan Kerapu</i>	40
4.1.3.	<i>Data Eksisting Produksi Petani Tambak</i>	42
4.1.4.	<i>Identifikasi Pendapatan Petani Tambak</i>	43
4.2.	Perancangan Model Konseptual	47
4.2.1.	<i>Identifikasi Agen</i>	47
4.2.2.	<i>Model Konseptual Agen</i>	50
4.2.3.	<i>Diagram Interaksi Antar Agen</i>	53
4.3.	Perancangan Simulasi dengan <i>Agent-based Modelling</i>	55
4.3.1.	<i>Diagram Alir Algoritma Pemrograman</i>	55
4.3.2.	<i>Tampilan Muka Model Simulasi</i>	57
4.3.3.	<i>Penjelasan Fitur Model Simulasi</i>	58
4.4.	Verifikasi dan Validasi Model	66
4.4.1.	<i>Verifikasi Model Agent-based</i>	66
4.4.2.	<i>Validasi Model Agent-based</i>	67
4.5.	Hasil Simulasi	69
BAB 5 PERANCANGAN SKENARIO DAN ANALISIS		71
5.1.	Perancangan Skenario Pengembangan	71
5.1.1.	<i>Skenario 4 Pakan Jenis Pelet-Rucah</i>	71
5.1.2.	<i>Skenario 5 Pakan Jenis Rucah-Pelet</i>	72
5.1.3.	<i>Skenario B Bibit Jenis Unggul</i>	74

5.2. Uji Signifikansi (<i>Paired-t-test</i>).....	75
5.3. Pemilihan Skenario.....	79
5.4. Perancangan Model untuk Lokasi Lain.....	81
BAB 6 KESIMPULAN DAN SARAN.....	83
6.1. Kesimpulan.....	83
6.2. Saran.....	84
DAFTAR PUSTAKA	87
LAMPIRAN.....	91
BIODATA PENULIS	99

(halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Perkembangan Produksi Ikan Budidaya pada Kecamatan Brondong Tahun 2010 - 2016.....	3
Gambar 2. 1 Kerapu Kertang	10
Gambar 2. 2 Kerapu Macan	10
Gambar 2. 3 Kerapu Lumpur	10
Gambar 2. 4 Kerapu Cantang.....	10
Gambar 2. 5 Keramba Jaring Apung.....	12
Gambar 2. 6 Peta Infrastruktur Kabupaten Lamongan	15
Gambar 2. 7 Hubungan Konsep, Sistem dan Model.....	19
Gambar 2. 8 Alur melakukan Simulasi.....	20
Gambar 2. 9 Perbedaan Berbagai Pendekatan Pemodelan Simulasi Berdasarkan Cakupan Tingkat Kedetailan dan Jenis <i>Data Flow</i> (Borshchew dan Filippov, 2004)	22
Gambar 2. 10 Contoh Tampilan Muka <i>Software</i> NetLogo	26
Gambar 3. 1 <i>Flowchart</i> Metodologi Penelitian.....	35
Gambar 4. 1 Grafik Capaian Volume Produksi Perikanan Budidaya Ikan Kerapu Nasional Tahun 2010 sampai 2016.....	38
Gambar 4. 2 Grafik Perkembangan Produksi Ikan Budidaya pada Kecamatan Brondong Tahun 2010-2016.....	39
Gambar 4. 3 Atribut dan Perilaku Petani Tambak	51
Gambar 4. 4 Atribut dan Perilaku Ikan Kerapu	52
Gambar 4. 5 Diagram Sebab Akibat Inisial	53
Gambar 4. 6 Diagram Sebab Akibat Budidaya Kerapu	54
Gambar 4. 7 Diagram Alir Algoritma Pemrograman.....	56
Gambar 4. 8 Tampilan Muka Model Simulasi dengan Fitur-fitur	58
Gambar 4. 9 Tampilan Muka Model Simulasi dengan Fitur Monitor dan Plot	58
Gambar 4. 10 Fitur Button (setup, go-once, go dan “panen”)	59
Gambar 4. 11 Bahasa Pemrograman Setup.....	59
Gambar 4. 12 Bahasa Pemrograman Go	60

Gambar 4. 13 Prosedur Melakukan Panen	60
Gambar 4. 14 Fitur Slider	61
Gambar 4. 15 Bahasa Pemrograman pada Setup untuk bibit-dr-pengepul.....	61
Gambar 4. 16 Prosedur yang Menampilkan Harga-jual-ikan.....	62
Gambar 4. 17 Prosedur Count-down	62
Gambar 4. 18 Prosedur Penentuan Pakan.....	63
Gambar 4. 19 Prosedur Penentuan Bibit	64
Gambar 4. 20 Fitur Switch	64
Gambar 4. 21 Prosedur go-tebar-bibit yang Mencantumkan Switch Jumlah Kolam	65
Gambar 4. 22 Fitur Monitor	65
Gambar 4. 23 Fitur Plot	66
Gambar 4. 24 Tombol Check	67
Gambar 4. 25 Grafik Pendapatan Per Kilogram Model Inisial	69
Gambar 5. 1 Pendapatan Per Kilogram Skenario 4	71
Gambar 5. 2 Pendapatan Per Kilogram Skenario 5	73
Gambar 5. 3 Pendapatan Per Kilogram Skenario B	74

DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1 Produksi Ikan Kerapu Nasional dengan Lima Daerah Tertinggi	2
Tabel 2. 1 Produksi Potensi Sumber Daya Alam Budidaya di Kabupaten Lamongan, 2016	16
Tabel 2. 2 Produksi Perikanan Budidaya Menurut Jenis Ikan di Kabupaten Lamongan, 2016	17
Tabel 2. 3 Penelitian Terdahulu dan Penelitian yang Sedang Dilakukan	27
Tabel 4. 1 Perbandingan Cara Budidaya Antar Petani Tambak (Sampel).....	42
Tabel 4. 2 Estimasi Pendapatan dari Petani Tambak untuk Satu Tahun Masa Panen	46
Tabel 4. 3 Estimasi Pendapatan Petani Tambak berdasarkan Kombinasi Kapasitas Kolam	46
Tabel 4. 4 Perbandingan Produksi dengan Hasil Simulasi	67
Tabel 4. 5 Hasil Analisis ANOVA.....	68
Tabel 4. 6 Rekapitulasi Pendapatan dan Produksi	70
Tabel 5. 1 Rekapitulasi Hasil Running Skenario 4.....	72
Tabel 5. 2 Rekapitulasi Hasil Running Skenario 5	73
Tabel 5. 3 Rekapitulasi Hasil Running Skenario B.....	74
Tabel 5. 4 Perbandingan Skenario 1 dan Skenario 4	76
Tabel 5. 5 Perbandingan Skenario 2 dan Skenario 4	76
Tabel 5. 6 Perbandingan Skenario 3 dan Skenario 4	77
Tabel 5. 7 Perbandingan Skenario 4 dan Skenario 5	78
Tabel 5. 8 Perbandingan Skenario A dan Skenario B.....	79
Tabel 5. 9 Rekapitulasi Perbandingan Skenario	80
Tabel 5. 10 Pemilihan Skenario Terbaik dari Perbandingan Jenis Pakan.....	80
Tabel 5. 11 Pemilihan Skenario Terbaik dari Perbandingan Jenis Bibit.....	80

(halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB 1

PENDAHULUAN

Pada bab ini menjelaskan tentang pendahuluan dari penelitian Tugas Akhir. Pendahuluan ini terdiri dari latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, ruang lingkup penelitian dan sistematika penulisan laporan penelitian.

1.1. Latar Belakang

Budidaya perikanan merupakan salah satu sektor produksi pangan yang memiliki perkembangan cukup baik serta berpotensi untuk terus mengalami peningkatan. Indonesia sebagai negara dengan luas laut sebesar dua per tiga dari luas wilayahnya, tepatnya 3.257.483 km² (Badan Informasi Geospasial, 2016), menjadikan Indonesia sebagai negara yang mendukung perkembangan budidaya perikanan terutama jenis ikan laut. Budidaya ini memiliki daya dukung terhadap pembukaan lapangan kerja, penambahan pendapatan masyarakat serta sumber devisa negara. Contoh kegiatan budidaya ikan laut yang telah ada di Indonesia adalah ikan demersal (ikan yang hidup di dekat atau dasar laut) seperti ikan kerapu Bebek, kerapu Macan, kerapu Merang, kakap Putih, kakap Mata Kucing dan golongan ikan lainnya yaitu bawal Putih, tuna dan bandeng.

Ikan kerapu sebagai salah satu jenis ikan yang turut memiliki pendapatan yang besar dan berpotensi untuk lebih besar, menjadi suatu bagian kegiatan budidaya yang bisa dimanfaatkan selain dari ikan tuna. Ikan kerapu menjadi salah satu dari 20 jenis komoditas utama ekspor ikan Indonesia pada tahun 2016. Komoditas ekspor dari ikan kerapu hidup tahun 2016 mencapai 1,11% dari total nilai ekspor komoditas perikanan lebih tepatnya mencapai US\$ 32,18 juta (BPS, 2017). Dari segi produksi budidaya ikan kerapu juga menunjukkan angka yang signifikan. Produksi ikan kerapu nasional tahun 2016 mencapai angka 15.645,24 ton atau sama dengan 23,47 juta ekor (dengan asumsi 2 kg = 3 ekor). Terdapat lima provinsi yang memiliki produksi terbesar yaitu Sumatera Utara, Maluku,

Kepulauan Riau dan Jawa Timur. Untuk data lebih jelasnya bisa dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 1. 1 Produksi Ikan Kerapu Nasional dengan Lima Daerah Tertinggi

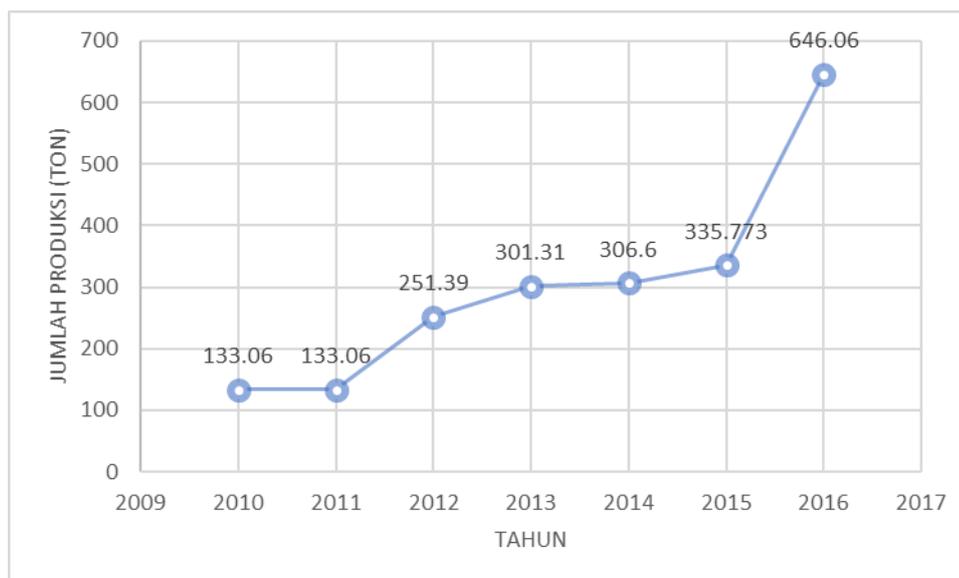
No	Provinsi	Produksi	
		Ton	Ekor*
1	Sumatera Utara	4.858,25	7.287.375
2	Maluku	3.861,13	5.791.690
3	Kepulauan Riau	2.376,22	3.564.329
4	Aceh	902,37	1.353.553
5	Jawa Timur	729,54	1.094.307
6	Provinsi Lain	2.917,73	4.378.746
*) Asumsi 2 Kg = 3 Ekor			

Data Sementara

Sumber: Hasil olahan Suhana, Peneliti Pusat Kajian Pembangunan Kelautan dan Peradaban Maritim dari sumber data Direktorat Jenderal Perikanan Budidaya Kementerian Kelautan dan Perikanan

Provinsi Jawa Timur menjadi provinsi tertinggi bila dibandingkan dengan provinsi pada Pulau Jawa yang lainnya. Budidaya kerapu di Jawa Timur cukup dikenal pada beberapa daerah semisal Situbondo dan Kabupaten Lamongan. Kabupaten Lamongan memiliki luas wilayah kurang lebih 1.812,80 Km² setara dengan 181.280 Ha atau \pm 3.78 bagian dari luas wilayah Provinsi Jawa Timur dengan panjang garis pantai sepanjang 47 Km. Sebesar 25.313 Ha dimanfaatkan untuk budidaya ikan dengan pengembangan perikanan tambak memiliki luas kurang lebih 1.745.4 Ha (Dinas Perikanan dan Kelautan, 2014). Dari letaknya yang dekat dengan kawasan pantai, membuat Kabupaten Lamongan merupakan wilayah yang strategis untuk sentra produksi perikanan budidaya di Jawa Timur. Salah satu kegiatan budidaya ikan kerapu terdapat di Kecamatan Brondong dengan cara ditambak. Ikan kerapu yang dibudidayakan pada Kecamatan Brondong berjenis Kerapu Cantik, merupakan persilangan antara Kerapu Macan (*Epinephelus fuscoguttatus*) betina

dengan Kerapu Batik (*Epinephelus microdon*); Kerapu Cantang, merupakan persilangan antara ikan Kerapu Macan betina dengan Kerapu Kertang (*Epinephelus lanceolatus*) jantan (Ismi dan Asih, 2011); dan Kerapu Lumpur (*Epinephelus coioides*). (Rahayu, 2017). Berikut adalah hasil produksi Ikan Kerapu pada Kecamatan Brondong.



Gambar 1. 1 Perkembangan Produksi Ikan Budidaya pada Kecamatan Brondong Tahun 2010 - 2016

Sumber : (Hasil olahan dari Rahayu, 2017 dan DPK Lamongan)

Pada tahun 2010 hingga 2016, produksi kerapu baik dalam budidaya terus mengalami peningkatan hingga pada jumlah 646,06 ton. Pencapaian yang baik sebenarnya untuk Kabupaten Lamongan. Peningkatan yang terjadi dikarenakan opsi melakukan budidaya menjadi salah satu peluang untuk dilakukan dibandingkan dengan perikanan tangkap yang berpengaruh pada modal untuk melaut dan jumlah tangkapan yang terbatas. Meskipun punya potensi yang besar, pada tahun 2013-2015 diketahui peluang pasar ikan kerapu nasional mencapai 888.532,6 ton sedangkan produksi ikan kerapu melalui budidaya rata-rata hanya 256,4 ton atau hanya berkisar 0.028% dari peluang pasar yang ada (Prasetyo, 2014).

Pembudidayaan dari ikan kerapu yang terdapat pada Kecamatan Brondong diikuti oleh berbagai peran dari elemen yang terlibat seperti para pelaku budidaya

(nelayan), pemerintah, lingkungan, kapal ekspor dan lokasi. Dari segi pelaku budidaya, didapatkan sejumlah 34.357 orang pada tahun 2015 dan 27.554 pada tahun 2016. Terjadi penurunan sebesar 6.803 orang pada elemen ini. Pada elemen pemerintah, Menteri Kelautan dan Perikanan menetapkan sebuah kebijakan baru terkait pemberantasan *illegal fishing* yaitu penerbitan Permen KP No. 15 tahun 2016 yang berdampak pada para nelayan secara umum terutama para pembudidaya ikan kerapu. Dimulai dari pembatasan ukuran kapal pembeli dari luar negeri dibatasi maksimal 500 Gross Ton, dan titik muat per kapal dibatasi menjadi satu titik muat per perjalanan dan frekuensi muat dibatasi menjadi 12 kali per tahun, sehingga jumlah kapal yang diberi izin berkurang jumlahnya dengan total daya angkut menjadi 10%. Hal ini berpotensi untuk menjadikan Indonesia yang pada tahun 2016 merupakan eksportir kerapu berpotensi menurun di tahun 2017. Selain itu terdapat elemen lingkungan yang memberikan dampak pada proses pembudidayaan ikan kerapu. Menurut penelitian yang dilakukan Rahayu (2017), daya dukung lahan menunjukkan bahwa tambak ikan kerapu di Kecamatan Brondong termasuk kategori sedang dan tinggi dengan kadar keasaman yang cukup tinggi sehingga berpotensi kurang cocok untuk lahan budidaya. Keterbatasan jumlah kapal ekspor juga berpengaruh terhadap pendapatan dari para pembudidaya kerapu. Ditambah dengan hal ini merupakan sebuah permasalahan dalam usaha meningkatkan produksi dan pendapatan dari petani budidaya kerapu pada Kecamatan Brondong, Kabupaten Lamongan dan dalam rangka menuju Kota Minapolitan.

Pada kasus ini akan dikhususkan pada produksi ikan kerapu budidaya jenis ikan kerapu Cantang dan Lumpur. Produksi budidaya kerapu jenis ini pada tahun 2015-2016, memiliki produksi yang berbeda antar penambak. Contohnya seperti penambak A memiliki 4 kolam dengan produksi masing-masing kolam sebanyak 5.000 ekor per panen (dimana masa panen adalah kira-kira 8-10 bulan) sedangkan ada penambak B yang juga memiliki 4 kolam, namun hanya sekitar 4.000-4.800 ekor per panen. Perbedaan ini menyebabkan adanya kesenjangan pendapatan dari penjualan para penambak dan berpotensi untuk menimbulkan kerugian yang lain. Perbedaan perilaku para penambak terhadap ikan kerapu sendiri yang memengaruhi

produksi dari ikan kerapu pada kolam masing-masing. Perlu dilakukan identifikasi terkait interaksi antar penambak tersebut yang berdampak terhadap sistem budidaya yang ada sehingga bisa meningkatkan produksi antar sesama penambak. Selain perilaku, terdapat potensi gangguan dari lingkungan seperti lahan yang kurang baik dan serangan penyakit serta ketidaksesuaian waktu panen yang juga bisa menurunkan produksi dan pendapatan dari para penambak tersebut. Padahal seharusnya apabila budidaya ikan kerapu diperlakukan dengan tepat, dengan kesesuaian bibit, pangan dan perawatan, penentuan waktu panen yang baik, dan memanfaatkan bantuan pemerintah bisa membuat para penambak menjaga produksi ikan budidaya dan bisa meningkatkan hasil produksi masing-masing dengan minimal pendapatan per kolam mencapai 5.000 ekor, dengan keuntungan kotor bisa mencapai 375 juta rupiah per penambak. Dengan peningkatan ekonomi para penambak, maka akan meningkatkan ekonomi daerah sekitarnya serta menjadi sumbangsih untuk perekonomian nasional.

Agent-based modelling and simulation (ABMS) merupakan salah satu metode relatif baru yang digunakan untuk membuat model simulasi yang ditinjau dari para agen (individu) yang memberikan dampak signifikan dari sebuah sistem kompleks. Interaksi-interaksi yang terjadi diantara para agen ini yang menjadi indikasi adanya perubahan atau tidak berkaitan dengan sistem terkait. Metode ini akan digunakan untuk menjawab beberapa pertanyaan terkait perilaku tiap agen dan dampaknya pada sistem pembudidayaan ikan kerapu pada Kecamatan Brondong, Kabupaten Lamongan sehingga bisa membuat sebuah skenario kebijakan dalam rangka untuk mengembangkan atau memperbaiki sistem budidaya ikan kerapu tersebut supaya menjadi lebih baik dari sebelumnya.

1.2. Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian yang dilakukan adalah memodelkan keterlibatan setiap agen dan dampak dari agen dalam sistem pembudidayaan ikan kerapu di Kecamatan Brondong serta perancangan skenario pengembangan atau perbaikan terhadap sistem tersebut ditinjau dari segi produksi dan pendapatan guna meningkatkan kinerja usaha budidaya tambak ikan kerapu.

1.3. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut.

1. Merancang model dengan berbasis agen yang terlibat, perilakunya serta dampak terhadap sistem pembudidayaan ikan kerapu di Kecamatan Brondong untuk mengetahui interaksi antar agen tersebut dalam sistem.
2. Membuat skenario pengembangan atau perbaikan dari sistem pembudidayaan ikan kerapu berkelanjutan yang berpihak kepada pengembangan budidaya tambak kerapu dan rekomendasi bagi pemerintah dalam mengembangkan usaha daerah.

1.4. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang akan diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Bagi Pemerintah

Hasil dari penelitian Tugas Akhir ini bisa dijadikan masukan bagi pemerintah dalam menentukan kebijakan terkait pembudidayaan ikan kerapu khususnya yang ada di Kecamatan Brondong.

2. Bagi Pembudidaya Ikan Kerapu

Pembudidaya ikan kerapu bisa mempelajari perilaku dari para pembudidaya lain serta mempertimbangkan proses perencanaan pembudidayaannya untuk meraih hasil produksi yang lebih baik dan pendapatan yang meningkat.

3. Bagi Mahasiswa

Mahasiswa bisa mendapatkan pengalaman dan pemahaman terkait konsep dan pengaplikasian dari pemodelan sistem berbasis agen dan bisa merancang skenario kebijakannya untuk menyelesaikan berbagai masalah terutama dengan sistem kompleks.

1.5. Ruang Lingkup Penelitian

Berikut merupakan batasan dan asumsi pada pengerjaan penelitian ini.

1.5.1. Batasan Penelitian

Berikut adalah batasan yang digunakan pada penelitian ini.

1. Ikan kerapu yang diteliti adalah jenis ikan Cantang dan Lumpur.
2. Perilaku pembudidaya didapatkan berdasarkan hasil interaksi langsung dengan agen terkait.
3. Lokasi budidaya pada kelompok Bakti Usaha II, Desa Labuhan, Kabupaten Lamongan.

1.5.2. Asumsi Penelitian

Berikut adalah asumsi yang ada pada penelitian ini.

1. Perilaku tiap agen sesuai dengan kenyataan dan merepresentasikan keseluruhan agen yang sejenis.
2. Agen pada objek amatan berfokus pada petani tambak dan ikan kerapu.
3. Ikan kerapu yang dibudidaya tidak kekurangan bibit dan selalu berhasil dibudidaya.
4. Setiap penambak merupakan pekerja sendiri di kolam budidaya masing-masing.

1.6. Sistematika Laporan

Sistematika pengerjaan laporan ini akan dibahas secara sistematis dan berurutan dengan tujuan untuk memudahkan analisis serta proses penyelesaian permasalahan yang sudah dijelaskan sebelumnya. Pada penelitian ini, sistematika laporan yang digunakan adalah sebagai berikut.

BAB 1 PENDAHULUAN

Pada bab ini dijelaskan terkait latar belakang dilakukannya penelitian, rumusan masalah, manfaat penelitian, ruang lingkup penelitian berupa batasan dan asumsi serta sistematika penulisan laporan.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini dijelaskan mengenai studi literatur yang digunakan bagi penulis untuk melakukan penelitian dengan mempelajari metode penyelesaian yang sesuai terkait dengan permasalahan yang terjadi. Sumber dari tinjauan pustaka penelitian ini bisa berasal dari penelitian-penelitian yang telah ada sebelumnya,

berbagai literatur, jurnal, artikel ilmiah dan riset lainnya. Tinjauan pustaka untuk penelitian ini berisi tentang ikan kerapu, profil Kota Lamongan, model simulasi dan pemilihannya, pendekatan model simulasi, penggunaan ABMS sebagai solusi pemecahan masalah serta perbandingan dengan penelitian terdahulu.

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini berisi tentang metodologi yang digunakan untuk penelitian Tugas Akhir. Bab ini menjelaskan mengenai urutan kegiatan penelitian yang dilakukan. Metodologi pada penelitian ini meliputi pendahuluan, pengumpulan data, pemodelan dan perancangan skenario serta analisis dan kesimpulan.

BAB 4 PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Bab ini berisi mengenai pengumpulan dan pengolahan data yang telah dikumpulkan. Data yang diolah bersifat data sekunder dengan beberapa asumsi yang nantinya akan digunakan dalam melakukan perancangan model ABMS.

BAB 5 ANALISIS DAN INTERPRETASI DATA

Pada bab ini dijelaskan mengenai analisis dari model simulasi yang telah dibuat dan interpretasinya. Model simulasi yang dibuat beserta perancangan skenario perbaikan atau pengembangan dari data yang telah diolah.

BAB 6 KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini dijelaskan mengenai kesimpulan dari keseluruhan tahapan penelitian dan saran yang diperuntukkan untuk penelitian selanjutnya.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini dijelaskan mengenai studi literatur yang digunakan bagi penulis untuk melakukan penelitian ini. Tinjauan pustaka untuk penelitian ini berisi tentang ikan kerapu, profil Kota Lamongan, model simulasi dan pemilihannya, pendekatan model simulasi, ABMS, pemodelan sistem, NetLogo serta perbandingan dengan penelitian terdahulu.

2.1. Ikan Kerapu

Ikan kerapu merupakan salah satu jenis ikan laut, biasa hidup di karang-karang, dan juga ada yang hidup di perairan tropis dan sub tropis. Berapa spesies kerapu hidup pada kedalaman 100-200 m (ada kalanya sampai kedalaman 500 m), tetapi pada umumnya kerapu hidup pada kedalaman kurang dari 100 m (Philip & Randall, 1993). Kerapu merupakan salah satu jenis ikan yang cukup terkenal pada kalangan nelayan laut terutama di Indonesia. Selain ikan tuna, kerapu juga ikan laut yang turut menarik perhatian untuk ditangkap dan memungkinkan untuk di budidaya. Menurut Heemstra & Randall (1993) mengatakan bahwa ikan kerapu tersebar luas di Pasifik Barat, dari Jepang bagian selatan sampai Palau, Guam, Kaledonia Baru, Kepulauan Australia bagian selatan serta Laut India bagian timur dari Nicobar. Untuk di Indonesia, ikan kerapu dapat ditemukan di wilayah perairan Teluk Banten, Ujung Kulon, Kepulauan Riau, Kepulauan Seribu, Kepulauan Karimunjawa, Madura, Kalimantan dan Nusa Tenggara. Ada 46 jenis spesies ikan kerapu di dunia, namun yang banyak ditemukan di Indonesia adalah kerapu Bebek/Tikus, kerapu Lumpur, kerapu Kertang, kerapu Macan, kerapu Totol, kerapu Karang, kerapu Pasi, kerapu Sunu dan kerapu Cantang. Umumnya, ikan kerapu muda hidup di perairan karang pantai dengan kedalaman 0.5-3 m, dan ketika menginjak dewasa akan berupaya ke perairan yang lebih dalam antara 7-40 m dimana perpindahan ini terjadi pada siang dan sore hari. Jenis ikan kerapu umumnya merupakan *hermaprodit protogyni*.



Gambar 2. 1 Kerapu Kertang
sumber: www.agrotani.com



Gambar 2. 2 Kerapu Macan
sumber: www.superperikanan.com



Gambar 2. 3 Kerapu Lumpur
sumber: www.restoseraiwangi.com



Gambar 2. 4 Kerapu Cantang
sumber: www.growpal.co.id

Ikan kerapu Macan (*Epinephelus fuscoguttatus*) merupakan salah satu spesies unggulan dalam pengembangan budidaya laut di Indonesia. Selain karena memiliki nilai jual yang tinggi dan rasa daging yang enak, ikan jenis ini juga diminati oleh pasar internasional. Ciri-ciri morfologi ikan kerapu adalah sebagai berikut: bentuk tubuh pipih, yaitu lebar tubuh lebih kecil dari pada panjang dan tinggi tubuh, rahang atas dan bawah dilengkapi dengan gigi yang lancip dan kuat, mulut lebar, serong ke atas dengan bibir bawah yang sedikit menonjol melebihi bibir atas, sirip ekor berbentuk bundar, sirip punggung tunggal dan memanjang dimana bagian yang berjari-jari keras kurang lebih sama dengan yang berjari-jari lunak, posisi sirip perut berdada di bawah sirip dada, badan ditutupi sirip kecil yang bersisik *stenoid* (Wardana, 1994). Langkosono (2007) mengatakan bahwa hasil budidaya ikan

kerapu macan masih terbatas dan hanya berasal pada daerah-daerah tertentu dan dekat dengan pusat pemasaran seperti Tanjung Pinang, Bali, Lampung, Sulawesi Selatan, Batam, Jawa Timur, Jawa Barat, Nusa Tenggara dan lain-lain. Ikan kerapu Macan mempunyai ukuran tubuh yang relatif lebih besar dan pertumbuhan lebih cepat dibandingkan dengan jenis ikan lain (Endrawati *et al.*, 2008). Namun untuk budidaya, jenis ikan kerapu Cantang dan kerapu Cantik (persilangan kerapu macan dan batik) lebih dominan dibudidayakan dikarenakan kedua jenis ikan tersebut memiliki masa budidaya yang relatif pendek.

Budidaya ikan kerapu telah dilaksanakan di beberapa tempat di Indonesia. Adapun dalam proses pengembangan budidaya, masih terdapat beberapa kendala seperti keterbatasan benih. Para petani nelayan masih mengandalkan benih alam yang sifatnya musiman. Namun sejak tahun 1993, ikan kerapu Macan sudah dapat dibenihkan, seperti pada Kota Lampung. Balai Budidaya Laut Lampung sebagai unit Pelaksana Teknis Direktorat Jenderal Perikanan, telah melakukan upaya menghasilkan pembenihan buatan manipulasi lingkungan dan penggunaan hormon. Pada budidaya air payau takalar, upaya perintisan pembenihan ikan kerapu khususnya kerapu Macan telah dimulai sejak tahun 1992 meskipun pada proses pelaksanaannya menghadapi banyak kendala baik dari segi biologis induk maupun teknis pemeliharaan larva. (Sudaryanto, 2000). Berikut adalah urutan dari contoh metode budidaya ikan kerapu berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Langkosono tahun 2004 pada Keramba Jaring Apung (KJA) di perairan pantai Teluk Kombal, Desa Pemenang Barat, Lombok Barat.

1. Pembesaran ikan dilakukan dalam KJA dengan ukuran panjang, lebar, dan tinggi 3 x 3 x 3 m. Volume jaring seluruhnya yang terendam dalam air adalah 3 x 3 x 2,5 m.
2. Di dalam KJA dapat ditebarkan ikan sebanyak 667 hingga 700 ekor sampai dengan saat panen. (Sunyoto, 1994).
3. Kurungan KJA dilekatkan pada rakit berukuran 8 x 8 m yang dipasang pada kedalaman sekitar 18 m. Bahan utama dari rakit adalah 24 batang kayu balok berukuran 10 x 14 cm dengan panjang 4 m, baut dari besi berukuran 18 cm dan pelampung rakit dari *Styrofoam* sebanyak 12 buah.

4. Kurungan KJA dari *trawl* terbuat dari benang polietilen ukuran mesh $\frac{3}{4}$ inch.
5. Ikan kerapu yang dipelihara ada dua jenis yaitu kerapu Bebek dan kerapu Macan, dengan jumlah masing-masing 40 ekor kerapu Bebek dan 200 ekor kerapu Macan per kurungan. Ikan tersebut diberi pakan dalam bentuk ikan rucah, seperti ikan teri (*Stolephorus* sp.).
6. Ikan dipelihara dengan frekuensi pemberian pakan tiga kali sehari sampai dengan satu kali sehari sebanyak 5 hingga 10% dari berat total. Kemudian dilakukan pengamatan pertumbuhan ikan satu kali sebulan meliputi panjang (cm) dan berat (g) dengan contoh sebanyak 20 ekor.
7. Hasil penelitian didapatkan pertumbuhan panjang dan berat ikan kerapu Bebek dan kerapu Macan relatif sama meskipun pertumbuhan berat ikan kerapu Macan lebih cepat.



Gambar 2. 5 Keramba Jaring Apung

sumber: www.infoikan.com

Selain dengan metode KJA, petani juga menggunakan metode tambak budidaya dengan membuat kolam pada pinggir laut seperti yang dilakukan para petani Dusun Kentong, Desa Labuhan, Kecamatan Brondong, Kabupaten Lamongan. Pemanfaatan lokasi dekat laut untuk memudahkan pertukaran air sehingga ikan kerapu yang dibudidaya bisa tetap hidup. Dengan menggunakan metode ini, bantuan berupa kincir air diperlukan (dengan kekuatan minimal 12 pk) untuk menghasilkan ombak atau arus buatan yang berguna untuk perkembangan ikan kerapu. Budidaya tambak menggunakan bantuan air laut dengan dilakukan

pengurusan air yang rutin dan perawatan yang berkala sehingga ikan bisa tetap hidup serta tumbuh hingga siap di panen. Dengan jumlah kolam yang bisa menampung hingga 5.000 ekor ikan, perlu diperhatikan waktu panen supaya tidak terjadi kanibalisme antara ikan kerapu dan mampu memanen jumlah kerapu yang lebih banyak.

Potensi budidaya ikan kerapu bisa dilihat di berbagai daerah di Indonesia, khususnya Provinsi Jawa Timur. Di Kota Situbondo, yang terkenal dengan sebutan Kota Kerapu, memang sering terjadi transaksi terkait ikan kerapu dan juga sudah dikembangkan budidayanya. Di Kabupaten Lamongan pun proses penangkapan dan transaksi kerapu masih dilaksanakan. Beberapa nelayan juga mulai mengembangkan teknik budidaya kerapu untuk nantinya dipanen kemudian dijual baik ke dalam negeri maupun ke luar negeri.

2.2. Profil Kabupaten Lamongan

Kabupaten Lamongan merupakan salah satu kabupaten yang ada di Jawa Timur dengan lokasi terletak pada bagian utara pulau Jawa sehingga merupakan daerah pesisir pantai. Berbatasan langsung dengan Laut Jawa di bagian utara, Kabupaten Mojokerto dan Kabupaten Jombang pada bagian selatan, Kabupaten Tuban dan Kabupaten Bojonegoro pada bagian barat serta Kabupaten Gresik pada bagian timur. Luas wilayah dari Kabupaten Lamongan adalah 1.812,80 km² dengan jumlah penduduk 1.438.957 jiwa dan terdiri dari 27 kecamatan, 12 kelurahan dan 462 desa. Lamongan merupakan daratan rendah dan bonorowo dengan tingkat ketinggian 0 – 25 meter seluas 50,17%, sedangkan ketinggian 25 - 100 meter seluas 45,68%, selebihnya 4.15% berketinggian di atas 100 meter di atas permukaan air laut, 6° 51' 54'' sampai dengan 7° 23' 6'' lintang selatan dan antara 112° 4' 41'' sampai dengan 112° 33' 12'' bujur timur. Panjang garis pantai yang dimiliki kabupaten lamongan yaitu 47 km dengan wilayah perairan laut seluas 902.4 km², apabila dihitung 12 mil dari permukaan laut. (Kabupaten Lamongan dalam Angka, BPS, 2017).

Potensi unggulan yang dimiliki Kabupaten Lamongan tersebar pada berbagai sektor yaitu pertanian, perikanan, peternakan, perkebunan dan pariwisata.

Berikut adalah penjelasan lebih rinci terkait dengan potensi unggulan dari Kabupaten Lamongan (Data Potensi dan Produk Unggulan Jawa Timur, 2013).

1. Pertanian

Pada sektor ini terdapat dua jenis produksi hasil pertanian yaitu produksi tanaman pangan dan produksi hortikultura. Produksi tanaman pangan yang menonjol adalah padi, dengan luas lahan 139.304 ha, produksi pertahun sebesar 892.613 ton; jagung, dengan luas lahan 61.521 ha, produksi pertahun sebesar 335.954 ton; kedelai, dengan luas lahan 22.429 ha, produksi pertahun sebesar 30.977 ton. Untuk produksi hortikultura yang menonjol antara lain cabe rawit, dengan luas lahan 9.992 ha, produksi pertahun sebesar 3.161,6 ton; pisang, dengan jumlah tanaman yang menghasilkan 1867 pohon, produksi pertahun sebesar 5.520,30 ton; jambu biji dengan jumlah tanaman yang menghasilkan 41.030 pohon, produksi pertahun sebesar 756,9 ton.

2. Perikanan

Sektor perikanan terbagi atas tiga macam yaitu produksi perikanan laut, perairan umum dan budidaya. Produksi perikanan yang menonjol yaitu dari perikanan laut, dengan produksi pertahun sebesar 63.911.938 ton; perikanan perairan umum, dengan produksi pertahun sebesar 2.243.648,96 ton. Budidaya pada kabupaten Lamongan terdiri atas budidaya tambak, dengan produksi pertahun sebesar 3.570.246 ton; budidaya kolam, dengan produksi pertahun sebesar 1.039.107 ton; budidaya sawah tambak, dengan produksi pertahun sebesar 27.755.681 ton.

3. Peternakan

Pada sektor ini terdapat beberapa produk yang menonjol antara lain ayam buras, dengan populasi sebesar 848.098 ekor dan produksi daging pertahun sebesar 15.771.206 ton; ayam pedaging, dengan populasi sebesar 1.563.815 ekor dan produksi daging per tahun sebesar 745.270 ton; sapi potong, dengan populasi sebesar 57.373 ekor dan produksi daging pertahun sebesar 2.750.489 ton; kambing, dengan populasi sebesar 55.305 ekor dan produksi daging pertahun sebesar 229.075 ton.

4. Perkebunan

ikan) dan sektor tersier (perdagangan dan pariwisata). Peluang terbesar terdapat pada sektor primer dengan sub sektor perikanan. Kabupaten Lamongan yang letaknya dekat dengan laut dan mata pencaharian masyarakatnya mayoritas nelayan menjadikan perikanan menjadi potensi yang baik dalam mencari rezeki. Kecamatan Brondong merupakan salah satu potensi budidaya perikanan yang signifikan pada kabupaten Lamongan. Lahan untuk budidaya juga luas dengan rincian masing-masing di bawah ini. (Kabupaten Lamongan dalam Angka, BPS, 2017)

Tabel 2. 1 Produksi Potensi Sumber Daya Alam Budidaya di Kabupaten Lamongan, 2016

Potensi Sumber Daya Alam	Luas (ha)	Produksi (kg)	Nilai Produksi (juta Rp)
Budidaya Tambak	872,886	4.140.784	226.084,950
Budidaya Sawah Tambak	19.522,442	45.348.246	1.016.402,620
Budidaya Kolam	53,438	1.810.227	25.309,920
KJA	0,052	3.350	65,350
Jumlah	20.448,818	51.302.608,00	1.267.862,840

Sumber: Dinas Perikanan dan Kelautan Kab. Lamongan

Perikanan pada Kecamatan Brondong tergolong masif dan memiliki potensi yang baik karena lokasinya yang memang dekat dengan laut dan juga merupakan lokasi pelabuhan tempat bernaungnya kapal-kapal untuk menjemput hasil laut berupa ikan-ikan (seperti ikan kerapu) kemudian dibawa ke pasar-pasar domestik seperti Jakarta, Surabaya dan luar negeri seperti di Filipina. Pelabuhan pelelangan ikan yang memiliki produksi terbesar adalah Pelabuhan Brondong/Blimbing, yakni 63.873,9 ton dan produksi ikan budidaya terbesar di Kabupaten Lamongan adalah ikan bandeng, yakni sebanyak 18.287,1 ton.

Tabel 2. 2 Produksi Perikanan Budidaya Menurut Jenis Ikan di Kabupaten Lamongan,
2016

No	Jenis Ikan	Jumlah (Ton)
1	Bandeng	18.287,1
2	Nila	10.152
3	Mas	1.466,3
4	Tawes	2.578,3
5	Lele	2.272,5
6	Patin	33
7	Gabus	82,2
8	Gurami	2,1
9	Mujaer	590,9
10	Kerapu	646,1
11	Ikan Lain	222
12	Udang Vaname	14.880,7
13	Udang Windu	1,1
14	Udang Lain	88,3
15	Kepiting	-
16	Rumput Laut	-
	Jumlah	51.302,6

Sumber: Dinas Perikanan dan Kelautan Kab. Lamongan

Komoditas ikan kerapu yang dibudidaya di Kecamatan Brondong dikenal dengan nama Kampung Kerapu Dusun Kentong, Desa Labuhan, Kecamatan Brondong, Kabupaten Lamongan. Harga komoditas kerapu jenis Cantang yang dipanen dengan kualitas konsumen dalam negeri di tempat ini mencapai Rp. 90.000 - Rp. 105.000 per kg. Untuk kualitas ekspor harganya mencapai Rp. 350.000,00 per kg. Pengembangan komoditas kerapu memang amat menggiurkan bagi para petani tambak di Kecamatan Brondong (Pemerintah Kabupaten Lamongan, 2013).

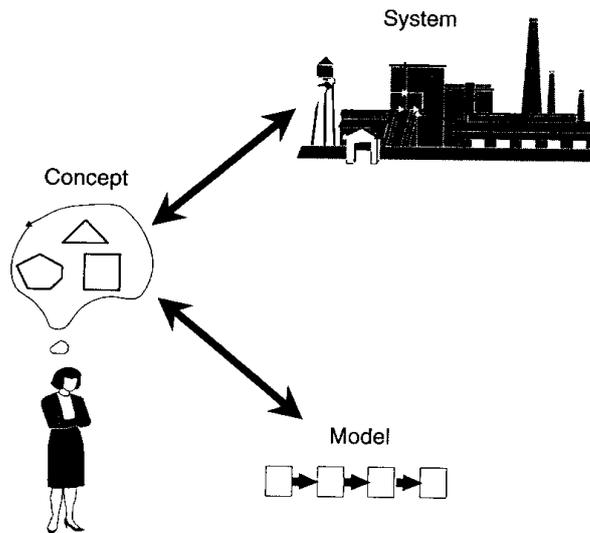
2.3. Model dan Simulasi

Subbab ini akan menjelaskan mengenai teori tentang pemodelan berdasarkan sumber literatur yang didapatkan beserta teori tentang simulasi dan berbagai jenis pendekatan simulasi.

2.3.1. Teori Model dan Simulasi

Berbagai ahli tata bahasa, ilmiah dan sebagainya sudah mendefinisikan mengenai model menurut pemahaman masing-masing. Model didefinisikan sebagai pola (contoh, acuan, ragam) dari sesuatu yang akan dibuat atau dihasilkan. (Departemen P dan K, 1984). Bentuk representasi dari keadaan dunia nyata diartikan sebagai model. Murty, et al (1990) mengatakan bahwa suatu representasi yang memadai dari suatu sistem, dan dikatakan memadai jika telah sesuai dengan tujuan dalam pikiran peneliti sebagai definisi dari model. Model juga diartikan sebagai suatu analog konseptual yang digunakan untuk menyarankan bagaimana meneruskan penelitian empiris sebaiknya tentang suatu masalah.

Simulasi didefinisikan sebagai sebuah metode untuk mereproduksi kondisi-kondisi dari sebuah situasi, yang dikenal dengan model, dengan tujuan untuk penelitian atau pengujian atau pelatihan dan sebagainya. (*The Oxford American Dictionary*, 1980). Pada beberapa konteks, simulasi lebih dikaitkan dengan sistem yang dinamis. Simulasi juga dikatakan sebagai pemodelan dari sebuah proses atau sistem dengan sebuah cara dimana model mampu meniru kejadian pada sistem nyata yang bergerak sesuai waktu. (Schriber, 1987). Harrel *et. Al* (2004) menyimpulkan bahwa simulasi pada bukunya “Simulation using Promodel, 2nd Edition” adalah imitasi dari sebuah sistem yang dinamis dengan menggunakan model komputer dengan tujuan untuk mengevaluasi dan meningkatkan performansi sistem.



Gambar 2. 7 Hubungan Konsep, Sistem dan Model

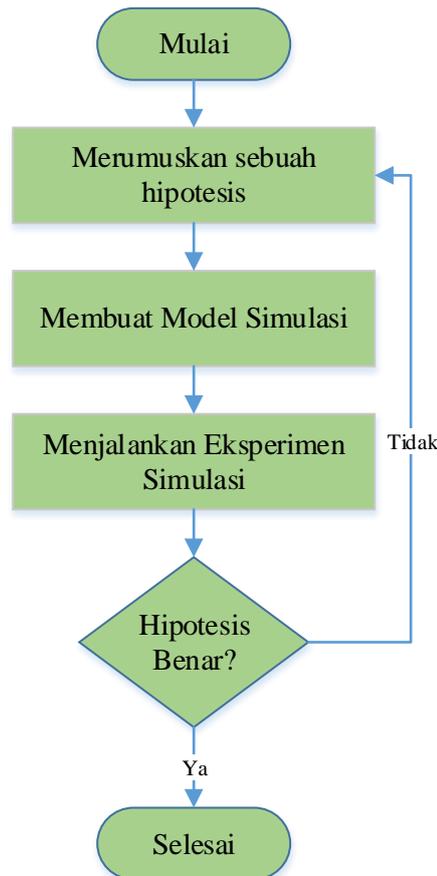
Sumber: *Buku Simulation with Promodel 2nd Edition*

Untuk menghindari pengambilan keputusan dengan pilihan, simulasi menyediakan sebuah cara untuk validasi mengenai pengambilan keputusan terbaik untuk membuat sistem tersebut atau tidak. Simulasi akan menghindari mahalnnya biaya, memakan waktu dan sifat yang mengganggu dari teknik *trial-and-error*. Kemampuan simulasi terletak pada keberhasilan menyediakan sebuah metode analisis yang tidak hanya formal dan prediktif, juga mampu memprediksikan performansi dari kebanyakan sistem kompleks dengan akurat. Deming (1989) menyatakan bahwa manajemen dari sebuah sistem adalah aksi yang didasarkan dengan prediksi. Berikut ini adalah karakteristik dari simulasi yang menjadikannya sebagai salah satu alat perencanaan dan pengambilan keputusan yang kuat.

1. Menangkap interdependensi sistem.
2. Mendefinisikan variabilitas di dalam sistem.
3. Berguna untuk memodelkan sistem apapun.
4. Menunjukkan perilaku terhadap waktu.
5. Biaya lebih murah, memakan waktu lebih sedikit dan mengurangi gangguan dibanding melakukan eksperimen pada sistem aktual.
6. Menyediakan informasi pada berbagai ukuran performansi.
7. Secara tampilan mampu menarik minat dari orang-orang.

8. Memberikan hasil yang mudah dipahami dan dikomunikasikan.
9. Berjalan pada waktu yang dikompres, nyata atau *delay*.
10. Memperhatikan hal detail pada sebuah desain

Dalam melakukan simulasi terdapat prosedur untuk melakukannya. Berikut adalah urutan prosedur dalam melakukan simulasi.



Gambar 2. 8 Alur melakukan Simulasi

Untuk melakukan proses simulasi, pertama dirumuskan terlebih dahulu sebuah hipotesis. Berikutnya adalah membuat model simulasi yang bisa berbentuk model konseptual. Tahap berikutnya yaitu menjalankan eksperimen simulasi dengan bantuan berbagai piranti lunak seperti Arena, Promodel, Stella, dan sebagainya. Tahap keempat adalah menguji hipotesis untuk mengetahui kebenarannya. Bila benar, maka bisa dilanjutkan dengan penarikan kesimpulan dan

proses simulasi selesai. Bila tidak benar, maka kembali dilakukan perumusan hipotesis kembali.

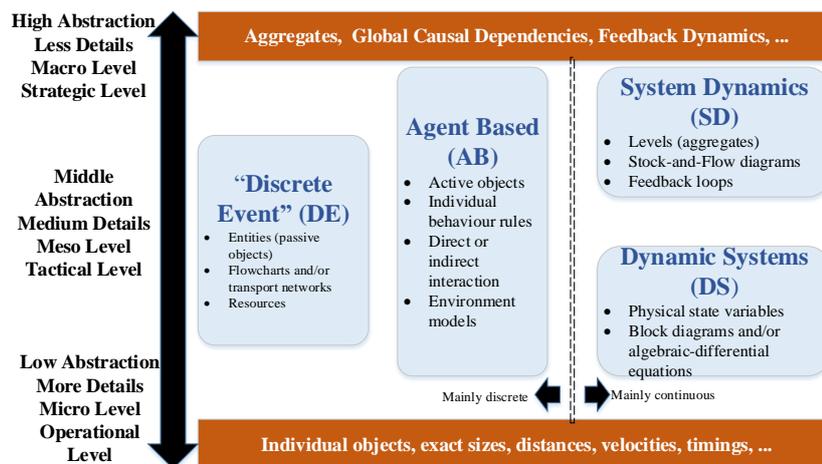
Harrell et.al (2004) memberikan petunjuk umum mengenai kapan sebuah simulasi bisa digunakan selama memenuhi kriteria berikut ini.

1. Sebuah keputusan logikal atau kuantitatif akan dibuat.
2. Proses yang dianalisa sudah diketahui dan repetitif.
3. Aktivitas dan kejadian bersifat independen dan variabel.
4. Biaya dampak dari keputusan lebih besar dibandingkan dengan biaya melakukan simulasi.
5. Biaya untuk eksperimen pada sistem aktual lebih besar dibandingkan dengan biaya simulasi.

Model simulasi terdiri dari berbagai jenis yang nanti akan dibahas pada sub bab berikutnya. Model simulasi yang ada disesuaikan dengan kebutuhan dari para *system-designer* untuk memodelkan kondisi aktual sistem dan bisa merencanakan skenario perbaikan atau pengembangan dari sistem tersebut.

2.3.2. Perbandingan Pendekatan Model Simulasi

Pendekatan model simulasi terbagi atas tiga macam berdasarkan pendekatan utama yang digunakan yaitu *system dynamics*, *discrete event* dan *agent-based*. (Borshchev & Filippov, 2004). Meskipun demikian, terdapat satu pendekatan model simulasi yang merupakan awal dari *system dynamic* yang dikenal dengan *dynamic system*. Untuk melihat perbandingan antara pendekatan-pendekatan model simulasi tersebut bisa dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 2. 9 Perbedaan Berbagai Pendekatan Pemodelan Simulasi Berdasarkan Cakupan Tingkat Ketelitian dan Jenis Data Flow (Borshchew dan Filippov, 2004)

Dynamic system merupakan asal dari *system dynamic* dan diterapkan dalam *physical system*, seperti mekanik, kimiawi, dan disiplin ilmu teknik lain. Keragaman dan kompleksitas matematis dalam model ini dapat lebih tinggi dari *system dynamic*. *System dynamic* adalah suatu metode pendekatan pemodelan simulasi yang digunakan untuk menggambarkan sistem yang dinamis (berubah dari waktu ke waktu) dimana sistem tersebut memiliki hubungan sebab akibat antar variabel dan terjadi dalam sebuah sistem umpan balik. *Discrete event* adalah salah satu pendekatan model simulasi dimana perubahan keadaan terjadi pada suatu titik diskrit dalam waktu tertentu karena sebuah kejadian. (Harrell 2004). *Agent-based* adalah sebuah pendekatan pemodelan simulasi dimana beberapa individual atau beberapa agen dideskripsikan sebagai entitas unik dan *autonomous* dan melakukan interaksi antar satu sama lain serta dengan lingkungan lokalnya.

Dynamic system (DS) merupakan pendahulu dari *system dynamic* (SD). DS diterapkan pada *physical system*, seperti mekanik, kimiawai dan disiplin ilmu teknik lain. Perbedaan dari DS dan SD terletak pada integrasi variabel yang memiliki makna langsung seperti kecepatan, percepatan, tekanan, konsentrasi dan istilah lain yang berhubungan dengan *physical system*. Nilai dari variabel bersifat kontinu dan bukan agregat dari entitas lain. Dibandingkan dengan SD, DS mampu memecahkan permasalahan SD dengan lebih mudah dan akurasi yang lebih baik

meskipun masih bersifat teknis dan spesifik. Meskipun demikian, hal ini tidak sesuai dengan pendekatan SD yang bersifat makro dan global.

System dynamic (SD) adalah pendekatan yang berfokus pada karakteristik umpan balik informasi dari aktivitas industri dengan tujuan untuk menggambarkan bagaimana struktur sebuah organisasi, penguatan dalam hal penerapan kebijakan dan jeda waktu untuk pengambilan keputusan dan tindakan. Keunggulan SD adalah mampu menggambarkan sistem pada level makro. Dengan demikian pendekatan ini sering digunakan untuk memodelkan masalah perkotaan, sosial dan masalah yang lain yang berkaitan dengan penentuan kebijakan. Pendekatan pada permasalahan di SD adalah mendeskripsikan perilaku sistem sebagai jumlah interaksi umpan balik yang saling berulang (*loop*) (Borshchev et al, 2004).

Discrete event (DE) merupakan salah satu pendekatan pemodelan simulasi yang berdasarkan pada konsep entitas, blok diagram yang mendeskripsikan aliran entitas dan penggunaan *resources*. Pendekatan simulasi ini terdapat entitas yang digambarkan sebagai objek pasif (bisa berbentuk manusia, *part*, dokumen, tugas, pesan dan sebagainya). Entitas akan masuk dan diproses pada beberapa blok diagram. Blok diagram yang dilalui entitas akan melakukan mengantri, tertunda, diproses, meminta, dan melepas *resources*, terpisah, dikombinasikan dan lainnya. *Resources* adalah elemen yang memrikan perlakuan pada entitas, seperti manusia, mesin, peralatan dan sebagainya.

2.4. Agent-based Modelling and Simulation (ABMS)

Agent atau agen adalah unit pengambilan keputusan yang *autonomous* dengan karakteristik berbeda (heterogen). Sesuatu hal atau kumpulan hal dapat dikatakan sebuah agen apabila memiliki atribut-atribut, aturan perilaku, memori, *sophistication* dan sumber daya. Agen dianggap sebagai entitas yang mampu memberikan dampak pada sistem lingkungannya karena agen merupakan komponen pengambil keputusan pengambil keputusan dalam suatu sistem kompleks. Agen merupakan komponen yang mewakili aktor sosial (individu, organisasi) yang diprogram untuk bereaksi terhadap lingkungan komputasi di mana mereka berada. Lingkungan adalah dunia maya di mana agen bertindak, bisa berupa

media yang sama sekali netral dengan sedikit atau tidak berpengaruh pada agen. Sebuah model dimaksudkan untuk mewakili atau membuat simulasi beberapa fenomena, yang nyata ada, dan ini disebut sasaran dari model. (Gilbert, 2007).

Borschev & Filippov (2004) mengatakan bahwa *agent-based modelling* adalah suatu metode yang digunakan untuk eksperimen dengan melihat pendekatan dari bawah ke atas (*bottom-up*) bagaimana interaksi perilaku-perilaku individu dapat mempengaruhi perilaku sistem. ABM menggunakan bantuan dengan simulasi berbasis komputer untuk memodelkan semua perilaku entitas (agen) yang terlibat dalam dunia nyata dengan tujuan interaksi antar agen menghasilkan prediksi untuk mengambil keputusan di dunia nyata. Pada ABM, pengamatan dan pembelajaran dilakukan terhadap interaksi-interaksi yang terjadi antar agen. (Yin, 2010).

Dalam ABMS tidak ada tahapan mendefinisikan perilaku sistem secara global. Pembuat model harus mendefinisikan perilaku secara individu kemudai perilaku global akan terbentuk dari kumpulan dari perilaku berbagai individu. ABMS memiliki karakteristik bahwa model yang dihasilkan adalah desentralisasi. Individu pada ABM dapat berjumlah puluhan hingga jutaan. Setiap individu tersebut memiliki aturan perilaku masing-masing dan saling berinteraksi dalam satu lingkungan. Dengan demikian, ABMS juga disebut sebagai pemodelan *bottom-up* karena dimulai dari level individu.

Beberapa pembuat model mempertimbangkan segala tipe komponen independen yang melekat pada sebuah agen ketika memodelkan dengan *software* (Bonabeu 2001). Terdapat beberapa atribut yang harus dipertimbangkan dimana atribut tersebut melekat sebagai karakteristik dari agen. Atribut dan perilaku agen memiliki karakter yang heterogen dan dinamis. Beberapa atribut dan sifat tertentu yang harus dipertimbangkan dalam sebuah agen adalah *autonomous and self directed, modular/self contained*, berinteraksi dengan agen lain, berinteraksi dengan lingkungannya, memiliki tujuan konkrit yang menggerakkan perilaku, memiliki kemampuan untuk belajar dan beradaptasi berdasarkan pengalaman sebelumnya dan memiliki atribut *resources*. (Macal dan North 2009).

Dibandingkan dengan pendekatan pemodelan simulasi yang lain, ABMS memiliki keuntungan dan kerugian sendiri. Pendekatan ABMS lebih melihat peran

individu-individu (agen) sebagai elemen vital dimana interaksi antar agen memberikan dampak pada sistem kompleks yang akan menghasilkan sebuah *emergent behaviour*. SD lebih melihat agregasi permasalahan secara makro tanpa mempertimbangkan asal darimana elemen berasal dan DE lebih berkaitan dengan kejadian diskrit tertentu. Dengan demikian, penggunaan ABMS menjadi cocok apabila diterapkan pada sistem budidaya ikan kerapu yang kompleks dan memiliki agen-agen yang saling berinteraksi.

2.5. Diagram dan Pemodelan Sistem

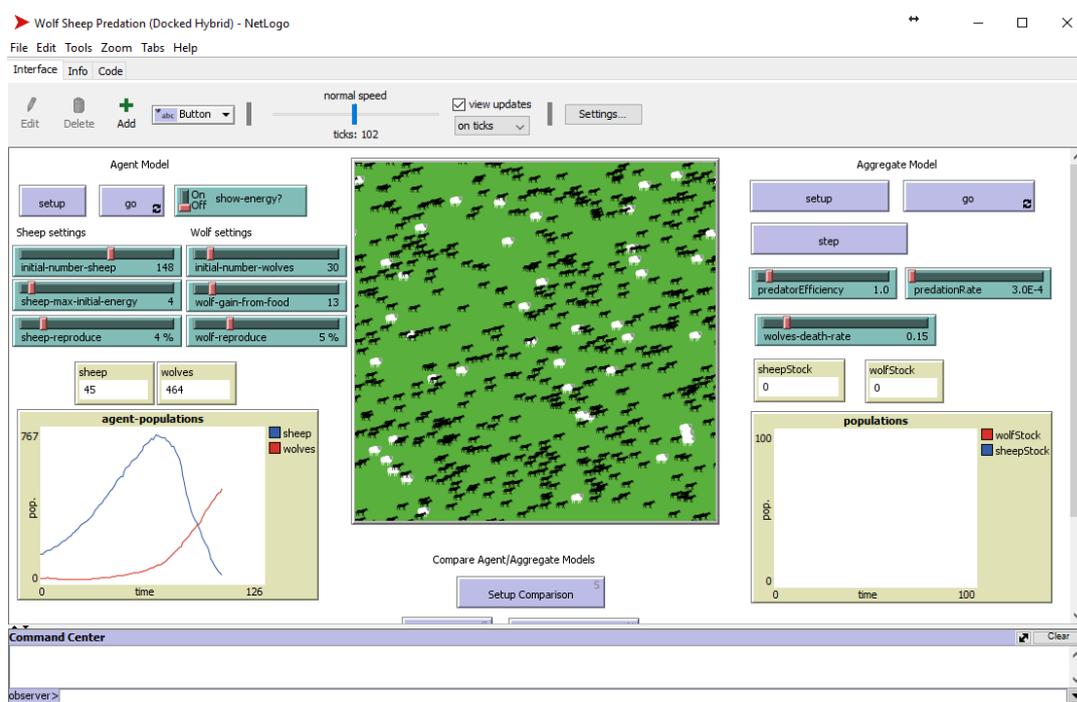
Kata “model” memiliki definisi yang banyak. Salah satu arti model yang didefinisikan pada *Webster's Collegiate Dictionary* adalah sebuah deskripsi atau analogi yang digunakan untuk membantu memvisualisasi sesuatu yang tidak bisa diamati secara langsung. Dengan demikian sistem model diartikan sebagai sebuah representasi dari semua bagian esensial dari sebuah sistem. (Daellenbach et al., 2005). Sebuah model bisa berupa *iconic*, *analogous* atau *symbolic*. Model *iconic* merupakan reproduksi dari objek fisik, biasanya dari skala yang berbeda sampai dengan detail kecil. Model *analog* adalah representasi substitusi dari sebuah properti atau fitur yang dimodelkan dengan tujuan model tersebut mampu meniru aspek apapun dari benda nyata keinginan pemodel. Model *symbolic* adalah representasi dari hubungan antara berbagai entitas atau konsep atau disebut juga simbol. Pemodelan dilakukan dengan menggunakan bentuk model konseptual sebagai bentuk representasi awal dari sistem kompleks nyata dan sebelum diinterpretasikan menjadi model komputer (simulasi). Model konseptual ini berusaha menjelaskan permasalahan kompleks yang terjadi menjadi bentuk yang lebih mudah dipahami oleh para pembuat model dan bisa diterjemahkan menjadi bentuk bahasa pemrograman untuk simulasi.

2.6. NetLogo

NetLogo merupakan salah satu alat bantu/*software* untuk melakukan ABMS. Pada penelitian ini, NetLogo berperan untuk mendukung proses simulasi yang dilakukan berdasarkan model permasalahan. ABM menggunakan *software*

sebagai sebuah alat untuk memroses hasil berdasarkan interaksi antar agen. NetLogo digunakan pada penelitian ini dikarenakan sifat *software* yang *open source* dan menggunakan bahasa pemrograman yang sederhana dan mudah dioperasikan.

NetLogo muncul pertama kali pada 1999 yang dirancang oleh Uri Wilensky. NetLogo merupakan aplikasi *open source* yang bertujuan untuk melakukan *agent-based simulation* atau sebagai alat pemrograman sederhana lainnya. NetLogo bersifat gratis dan bekerja pada *multi-platform* sehingga membuat NetLogo umum digunakan sebagai aplikasi ABMS. NetLogo mampu memprogramkan lingkungan dengan *multi-agent*. Pengguna NetLogo mampu untuk mengidentifikasi fenomena atau perilaku yang muncul. Selain itu, pada NetLogo terdapat berbagai variasi perpustakaan model seperti model permasalahan ekonomi, *social science*, biologi, kimia, fisiologi dan lain-lain. Contoh tampilan muka dari *software* NetLogo adalah sebagai berikut.



Gambar 2. 10 Contoh Tampilan Muka *Software* NetLogo

2.7. Penelitian-Penelitian Terdahulu

Pada subbab ini dibahas mengenai penelitian-penelitian terdahulu dan relevan terhadap penelitian yang dilakukan saat ini. Beberapa penelitian yang telah dilakukan berkaitan dengan pengelolaan budidaya ikan kerapu dan penerapan metode ABMS pada beberapa permasalahan. Tabel berikut menampilkan perbandingan antara penelitian-penelitian terdahulu dan penelitian ini.

Tabel 2. 3 Penelitian Terdahulu dan Penelitian yang Sedang Dilakukan

No	Judul Penelitian	Penulis	Pendekatan yang Digunakan	Tahun
1	Rancang Bangun Model Dinamis Pengelolaan Agroindustri Kerapu	Iding Chaidir	<i>Dynamic Model, Analytical Hierarchy Process (AHP)</i>	2007
2	Perancangan Model Penyaluran KUR di BPD Cabang X dengan Menggunakan ABMS	Tsabita Titin Suhariyanto	<i>Agent-based Modelling and Simulation, Citizen Business Loan (CBL)</i>	2013
3	Rancang Bangun Model Berbasis Agen untuk Pengembangan Agroindustri Udang di Kawasan Minapolitan	Mohammad Fuad Fauzul Mu'tamar	<i>Agent-based Modelling and Simulation</i>	2013
4	Daya Dukung Lahan Tambak Budidaya Ikan Kerapu (<i>Ephinepelus spp</i>) di Kecamatan Brondong Kabupaten Lamongan	Agung Pamuji Rahayu	Analisa Daya Dukung Lahan	2014
5	<i>Modelling Surabaya people's willingness to utilize eco-sanitary products using agent-based modelling simulation</i>	Lukman Ardiansyah	<i>Agent-based Modelling and Simulation, Design of Experiment</i>	2017

Penelitian pertama berkaitan dengan perancangan model dinamis untuk pengelolaan agroindustri kerapu. Tujuan penelitian ini adalah membentuk struktur yang menjamin aliran suplai barang dari hulu ke hilir dan aliran informasi dari hilir (pasar) ke hulu pada industri budidaya perikanan kerapu. Model yang dibuat nantinya akan menghasilkan skenario peningkatan nilai tambah produksi, prediksi kapasitas produksi dan pemerataan distribusi keuntungan dan memprediksi tingkat produksi optimal pembenihan, budidaya serta penanganan pasca panen untuk menghindari terjadinya produksi berlebih.

Pada penelitian yang kedua ini berkaitan dengan penggunaan ABMS untuk melakukan evaluasi penyaluran Kredit Usaha Rakyat (KUR). Tujuan dari penelitian ini adalah membuat sebuah ABMS yang dapat menggambarkan masalah eksisting dari kredit pada BPD Cabang X dengan pembuatan skenario perbaikan.

Penelitian yang ketiga berkaitan dengan perancangan model ABMS untuk pengembangan agroindustri udang pada kawasan Minapolitan. Tujuan dari penelitian ini adalah mengidentifikasi pasokan bahan baku, agen-agen yang berpengaruh terhadap keberlanjutan agroindustri udang, perancangan model ABM untuk melihat interaksi dan menduga keberlanjutan agroindustri udang serta pemberian rekomendasi kebijakan yang komprehensif. Penelitian ini berfokus untuk mengembangkan agroindustri udang dalam mewujudkan keberlanjutannya di kawasan Minapolitan.

Penelitian keempat berkaitan dengan analisis daya dukung lahan tambak budidaya ikan kerapu (*Ephinepelus spp*) di Kecamatan Brondong, Kabupaten Lamongan. Tujuan penelitian ini adalah melihat daya dukung lahan, dan identifikasi kendala dalam mengembangkan budidaya ikan kerapu pada daerah ini serta memaksimalkan potensi budidaya ikan kerapu.

Penelitian yang kelima berkaitan dengan penggunaan ABMS dalam melakukan pemodelan terhadap keinginan masyarakat Kota Surabaya untuk menggunakan produk *eco-sanitary*. Tujuan penelitian ini adalah membuat model ABMS untuk mengukur *awareness* dan *willingness* dari masyarakat Kota Surabaya dalam menggunakan produk *eco-sanitary* serta pembuatan skenario dan strategi untuk mempengaruhi keinginan dari masyarakat Kota Surabaya tersebut.

Dibandingkan dengan kelima penelitian di atas, terdapat perbedaan penelitian yang dilakukan oleh penulis. Penelitian pertama lebih berfokus dengan model dinamis dan skenarionya ditinjau dari skala makro dan budidaya KJA, penelitian kedua menggunakan ABMS untuk permasalahan finansial, penelitian ketiga berfokus untuk menggunakan ABMS untuk mengembangkan agroindustri udang, yang dalam konteks ini adalah yang paling mendekati dan relevan dengan penelitian yang dilakukan penulis, penelitian keempat berfokus pada melihat potensi dan daya dukung lahan tambak budidaya kerapu yang dilakukan pada daerah objek penelitian yaitu Kecamatan Brondong, Kabupaten Lamongan dan penelitian keenam adalah pemanfaatan ABMS untuk permasalahan sosial. Belum adanya penelitian yang bertujuan untuk mengembangkan agroindustri atau budidaya ikan kerapu dan mengidentifikasi agen-agen yang terlibat serta interaksinya pada daerah objek amatan. Penelitian ini melakukan hal tersebut untuk membuat daerah objek amatan yaitu memodelkan berdasarkan ABMS sistem budidaya ikan kerapu di Kecamatan Brondong, Kabupaten Lamongan.

(halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menjelaskan mengenai langkah-langkah yang dilakukan dalam melakukan penelitian ini. Metodologi penelitian yang digunakan terbagi atas tiga tahap yaitu tahap pendahuluan, tahap pengumpulan data, tahap pemodelan dan perancangan skenario serta tahap analisa dan kesimpulan.

3.1. Tahap Pendahuluan

Pada tahap ini dilakukan dua studi yang berkaitan dengan penelitian yaitu studi lapangan dan studi literatur. Studi lapangan dilakukan dengan mengunjungi langsung lokasi tambak kerapu di Kecamatan Brondong, Kabupaten Lamongan untuk mempelajari secara langsung mengenai proses budidaya kerapu, elemen yang terlibat, perilaku agen-agen, serta dampak langsung dari agen-agen yang terlibat serta untuk mengidentifikasi masalah yang ada. Studi selanjutnya adalah studi literatur yang memiliki kaitan dengan perancangan model berbasis agen untuk mengidentifikasi permasalahan dan solusinya berdasarkan penelitian-penelitian terdahulu, jurnal, publikasi ilmiah dan teori-teori yang berkaitan. Literatur yang digunakan bersumber dari berbagai macam sumber dan yang terpilih telah dirangkum dalam bab sebelumnya.

3.2. Tahap Pengumpulan Data

Pada tahap ini dilakukan proses pengumpulan data yang nanti akan digunakan pada penelitian. Data yang dikumpulkan bersifat data primer dan data sekunder. Data didapatkan dengan wawancara langsung terhadap pembudidaya (petani tambak) di objek amatan yaitu di Kelompok Bakti Usaha II, Dusun Kentong, Desa Labuhan, Kecamatan Brondong, Kabupaten Lamongan dan/atau berdasarkan data sekunder yang didapatkan dari berbagai sumber informasi dan literatur.

3.3. Tahap Pemodelan dan Pemilihan Skenario

Pada tahap ini dilakukan prosedur pengolahan data-data yang telah diolah sebelumnya dengan menggunakan pemodelan dan pemilihan skenario. Dalam melakukan pengolahan data, secara rinci tahapan berdasarkan dari pembentukan model konseptual, perencanaan skenario permasalahan, *modelling*, perancangan parameterisasi model, *implementation*, *verification* dan *validation*, perancangan skenario perbaikan atau pengembangan serta uji signifikansi.

3.3.1. Perancangan Model Konseptual

Tahap ini menjelaskan mengenai model konseptual sistem budidaya ikan kerapu pada Kecamatan Brondong, Kabupaten Lamongan dalam bentuk diagram interaksi antar agen-agen. Model tersebut dibentuk untuk melihat hubungan dampak apa yang dilakukan oleh para agen dalam sistem budidaya lamongan dan hasil interaksi yang dilakukan.

Adapun setelah tahap model konseptual, dilakukan terlebih dahulu uji validasi awal untuk membuktikan apakah sistem pada objek amatan sudah sesuai dengan model konseptual yang dibuat atau belum dengan asumsi sistem *black box*. Uji validasi awal ini dilakukan dengan cara *face validation* atau berdiskusi langsung dengan pelaku budidaya ikan kerapu di objek amatan.

3.3.2. Tahap Perencanaan Skenario Awal Permasalahan

Tahap ini sesuai metode akan menghasilkan skenario awal. Skenario yang dimaksud adalah hasil pengamatan tentang apapun kegiatan yang terjadi dalam proses budidaya ikan di Kelompok Bakti Usaha II.

3.3.3. Tahap Modelling

Tahap ini bertujuan untuk mengidentifikasi entitas, peran, tugas, aktivitas dan interaksi diantara elemen-elemen yang terlibat. Tahap ini memodelkan organisasi sistem budidaya ikan kerapu secara makro (keseluruhan elemen) dan mikro (individu). Pada tahap ini, agen-agen pada sistem budidaya ikan kerapu akan diidentifikasi terkait dengan perilaku, tujuan, interaksi dan atribut masing-masing.

Selain itu, pada tahap ini juga dilakukan identifikasi variabel-variabel yang menjadi input model serta penentuan output model ABM.

3.3.4. *Tahap Perancangan Parameterisasi Model*

Tahap ini merupakan kelanjutan dari tahap *modelling* dimana model konsep dijabarkan lebih detail dengan mengikuti pendekatan pemrograman. Parameterisasi model berupa penentuan nilai-nilai atau data-data inisialisasi yang akan mempengaruhi jalannya model dilakukan pada tahap ini. Dengan demikian tahap berikutnya yaitu tahap *implementation* akan lebih mudah.

3.3.5. *Tahap Implementation*

Tahap ini merupakan tahap melakukan *coding* dan implementasi hasil perancangan menggunakan alat atau bahasa pemrograman tertentu. Pada penelitian ini, alat bantu yang digunakan adalah *software* NetLogo.

3.3.6. *Tahap Verification dan Validation*

Tahap ini merupakan tahap terakhir dalam proses pengolahan data yaitu tahap verifikasi dan validasi. Uji verifikasi bertujuan untuk memastikan tidak adanya *error* pada model yang telah dirancang sebelumnya. Setelah model terverifikasi, selanjutnya adalah uji validasi model untuk mengetahui apakah logika dari model yang dirancang telah sesuai dengan kondisi permasalahan dalam sistem dan *real system*. Uji validasi terbagi menjadi dua yaitu uji validasi awal dan uji validasi. Uji validasi awal sudah diterangkan pada subbab model konseptual. Uji validasi yang dilakukan pada tahap ini adalah uji validasi dari model simulasi yang telah dibuat dengan asumsi sistem *white box*. Uji validasi bisa dilakukan dengan menggunakan *Analysis of Variance* (ANOVA) atau dikenal dengan *F-test*. Apabila model ABM sudah terverifikasi dan validasi maka dapat dilakukan pembuatan skenario perbaikan atau pengembangan.

3.3.7. *Perancangan Skenario Perbaikan atau Pengembangan*

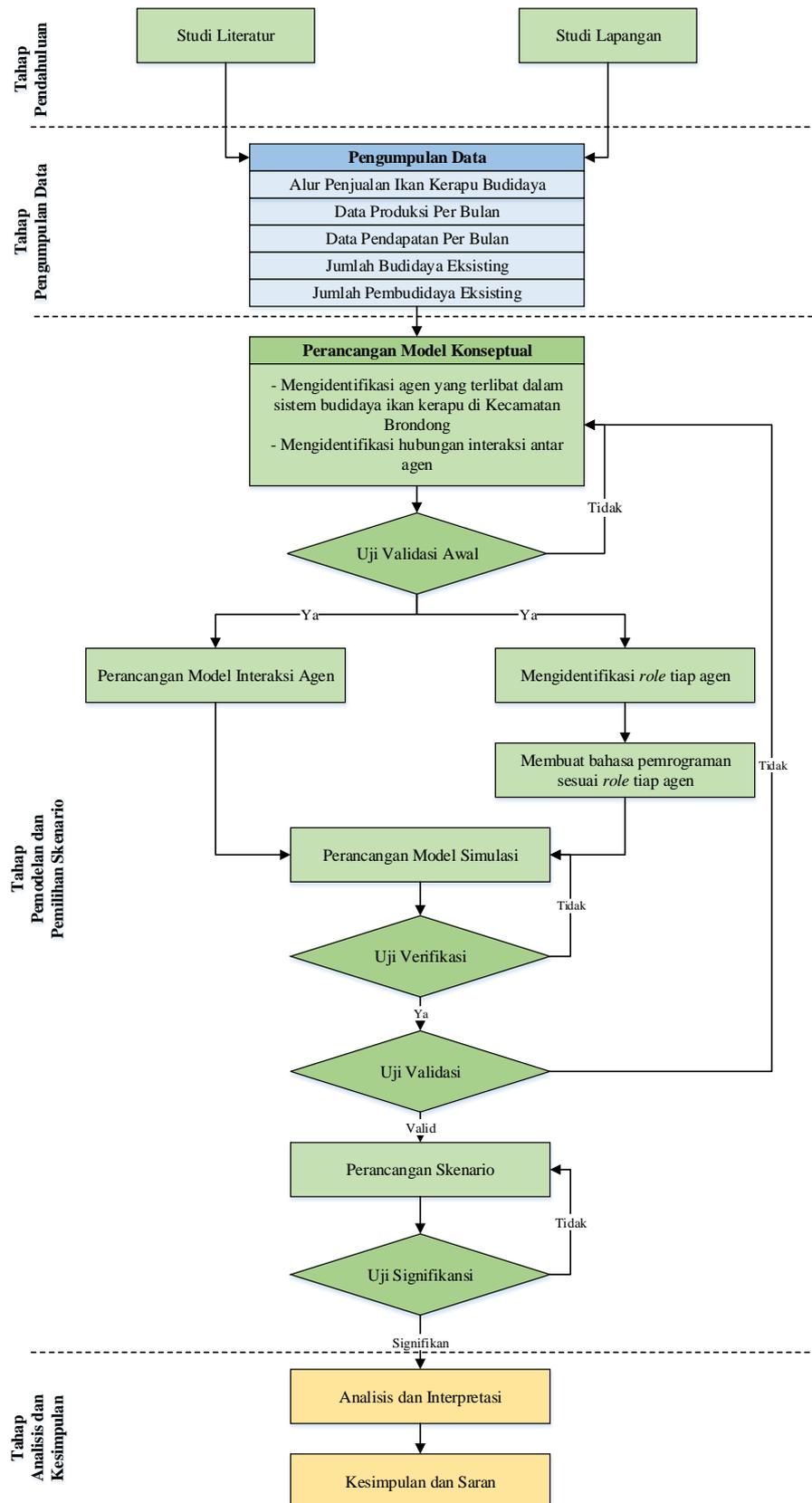
Pada tahap ini dilakukan perancangan skenario berdasarkan dengan variabel-variabel yang telah diidentifikasi dan membandingkannya dengan uji signifikansi untuk mendapatkan skenario terpilih dalam menyelesaikan permasalahan di sistem budidaya ikan kerapu.

3.3.8. *Uji Signifikansi*

Beberapa perancangan skenario yang telah dibuat, akan dipilih skenario perbaikan/pengembangan yang paling baik melalui uji signifikansi. Uji signifikansi menggunakan *paired t-test* melalui perhitungan *confidence interval*.

3.4. Tahap Analisis dan Penarikan Kesimpulan

Tahap analisis terdiri dari analisis untuk hasil simulasi dan analisis skenario hasil uji statistik. Setelah itu dilakukan penarikan kesimpulan dari hasil analisis dan pemberian saran sebagai masukan untuk penelitian berikutnya



Gambar 3. 1 Flowchart Metodologi Penelitian

(halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB 4

PENGUMPULAN, PENGOLAHAN DATA DAN MODEL

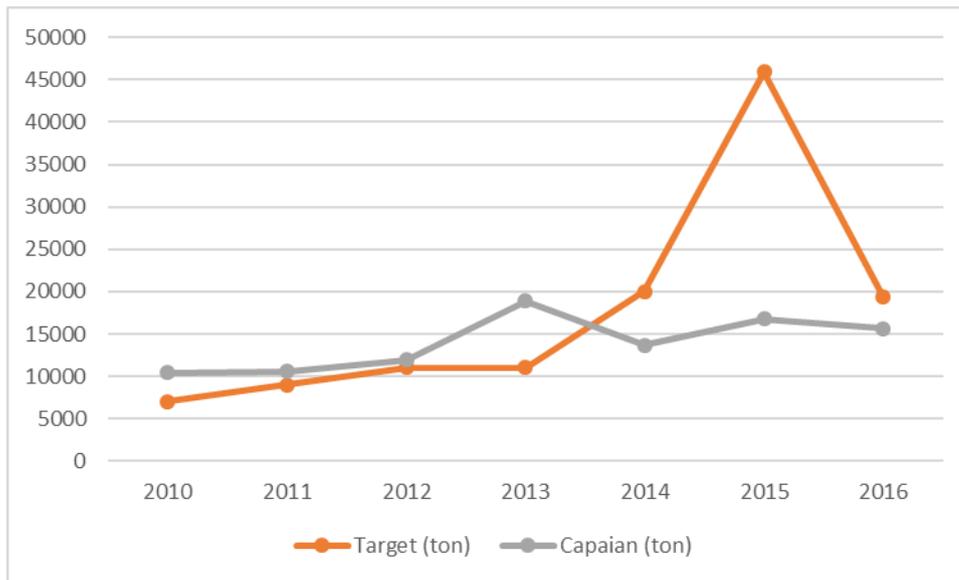
Bab ini menjelaskan tentang metode pengumpulan data yang dilakukan serta dilakukan pengolahan data dengan menerapkan pada model simulasi yang dikembangkan. Bagian ini terdiri atas pengumpulan data, perancangan model konseptual, perancangan model simulasi, verifikasi dan validasi model dan penampilan hasil simulasi.

4.1. Pengumpulan Data

Bagian ini menjelaskan mengenai pengumpulan data yang telah dilakukan sesuai dengan kebutuhan dalam mengembangkan model. Data yang dibutuhkan terdiri atas data eksisting perkembangan budidaya ikan kerapu, alur penjualan ikan kerapu budidaya, data eksisting produksi petani tambak, data eksisting pendapatan petani tambak dan data pelaku tambak budidaya ikan kerapu. Data ini nantinya akan digunakan sebagai input untuk melakukan identifikasi agen yang terlibat untuk dilihat interaksi antar satu sama lain dan pengaruhnya terhadap sistem budidaya ikan kerapu.

4.1.1. Data Eksisting Perkembangan Budidaya Ikan Kerapu

Salah satu daerah yang menjadi penghasil budidaya ikan kerapu Indonesia di Provinsi Jawa Timur adalah Kabupaten Lamongan, tepatnya pada Kecamatan Brondong. Sebagai objek amatan yang digunakan dalam melakukan pemodelan maka diperlukan data terkait dengan perkembangan budidaya ikan kerapu itu sendiri. Dalam beberapa tahun ini, produksi terhadap ikan kerapu budidaya mengalami perkembangan yang cukup baik meskipun sedikit fluktuatif. Berikut adalah capaian produksi budidaya ikan kerapu Indonesia tahun 2010-2016.

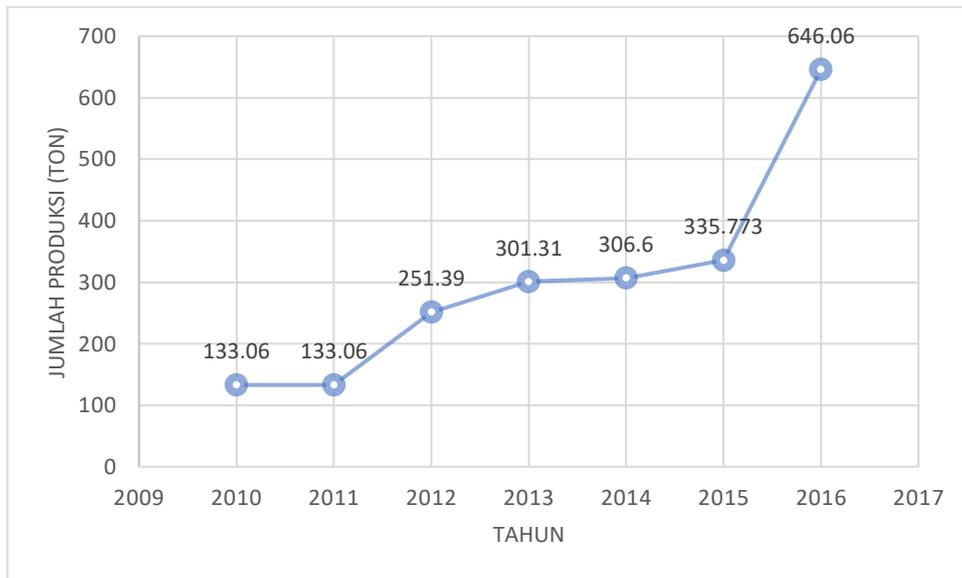


Gambar 4. 1 Grafik Capaian Volume Produksi Perikanan Budidaya Ikan Kerapu Nasional Tahun 2010 sampai 2016

sumber: Laporan Kinerja Ditjen Perikanan Budidaya Indonesia tahun 2016

Berdasarkan Gambar 4.1, dapat dilihat capaian volume produksi perikanan budidaya ikan kerapu di Indonesia pada tahun 2010-2013 terus mengalami peningkatan dan selalu memenuhi target yang diinginkan pada tahun tersebut. Capaian terbesar terdapat pada tahun 2013 dengan jumlah produksi sebanyak 18.864 ton yang berhasil melebihi target produksi sebanyak 11.000 ton. Akan tetapi terjadi penurunan dan peningkatan fluktuatif pada tahun 2014-2016 dimana produksi terkecil terdapat pada tahun 2014 yaitu 13.672 ton dari target produksi sebanyak 20.000 ton. Produksi pada tahun 2016 pun hanya sebesar 15.645 ton dari target produksi sebanyak 19.304 ton. Meskipun terjadi penurunan, namun budidaya ikan kerapu masih bertahan pada nilai yang mendekati target dan terus menunjukkan peningkatan sehingga membuat komoditas ini menjadi potensi yang baik dalam mendukung pendapatan ekonomi nasional Indonesia.

Pada Kecamatan Brondong, komoditas ikan kerapu memiliki hasil produksi budidaya yang baik. Berikut ini adalah hasil produksi ikan kerapu budidaya pada Kecamatan Brondong, Kabupaten Lamongan.



Gambar 4. 2 Grafik Perkembangan Produksi Ikan Budidaya pada Kecamatan Brondong Tahun 2010-2016

Sumber: (Hasil olahan dari Rahayu, 2017 dan DPK Lamongan)

Dilihat pada Gambar 4.2, bahwa produksi ikan kerapu pada Kecamatan Brondong terus mengalami peningkatan yang cukup baik hingga mencapai titik produksi sebanyak 646,06 ton di tahun 2016 dengan nilai produksi 58.145.400.000,00. Berdasarkan grafik 4.2 juga dilihat terjadi peningkatan terus-menerus dari angka 306,6 ton pada tahun 2014 dengan nilai produksi sebesar Rp.26.061.255.000,00 dan produksi sejumlah 335,773 ton di tahun 2015 dengan nilai produksi Rp. 28.540.705.000,00. Pencapaian terendah terjadi pada tahun 2010 dan tahun 2011 dimana nilai produksi hanya sebesar 133,06 ton dengan nilai jual sebesar masing-masing Rp.11.310.100.000,00 dan Rp. 14.333.655.000,00. Adapula untuk budidaya sendiri masih terdapat perbedaan produksi apabila ditinjau dari para petani tambak (yang dijelaskan pada bagian berikutnya) sebagai pelaku budidaya kolam ikan kerapu.

Para pelaku budidaya ini lebih sering melakukan penjualan langsung kepada pihak swasta (perusahaan kontrak) sehingga membuat data yang dikumpulkan cukup sulit dan perlu langsung bertatap muka dengan para petani tambak dan para pengepul selaku pemantau sekaligus penjual kepada pihak swasta tersebut. Untuk mengetahui bagaimana ikan kerapu budidaya bisa dijual terdapat alur penjualan

yang akan menunjukkan hal tersebut dan juga penjelasan dari para pelaku tambak budidaya ikan kerapu dimana dijelaskan pada bagian berikutnya.

4.1.2. Data Pelaku Tambak Budidaya Ikan Kerapu

Sistem budidaya ikan kerapu di Desa Labuhan melibatkan beberapa pelaku dan pada penelitian ini diidentifikasi juga sebagai para agen. Pelaku tambak budidaya ini mencakup petani tambak, pengepul, perusahaan kontrak, pemasok pakan dari Tempat Pelelangan Ikan (TPI) dan Pemerintah Kabupaten Lamongan. Adapula penelitian ini dilakukan pada budidaya ikan kerapu dengan para petani tambak yang dinaungi oleh perkumpulan Bakti Usaha 2 Dusun Kentong, Desa Labuhan. Berikut ini adalah para pelaku yang terlibat dalam sistem budidaya ikan kerapu Bakti Usaha 2 di Desa Labuhan.

1. Petani tambak

Petani tambak merupakan pelaku atau agen utama pada sistem budidaya ikan kerapu. Perhitungan keperluan untuk melakukan budidaya ikan kerapu dilakukan oleh petani tambak sampai dengan jumlah keuntungan yang didapatkan. Petani tambak memiliki tanggung jawab dalam menjaga pertumbuhan ikan kerapu dan melakukan panen, kemudian memberikan hasil panen kepada *pengepul* untuk bisa dijual. Adapula data yang didapatkan adalah berdasarkan hasil wawancara dengan para petani tambak berjumlah 4 orang yaitu Pak Pitong, Pak Hariono, Pak Kustiwan dan Pak Kusnul Karim (Ketua Bakti Usaha 2).

2. Pengepul

Pengepul disini dimaksudkan sebagai pengepul dari ikan kerapu hasil panen dari para petani tambak. Peran lain yang dimiliki pengepul adalah melakukan kontrak dengan perusahaan yang ingin membeli ikan kerapu dan memberikan bibit kepada para petani tambak untuk dibudidayakan. Pengepul ini yang memiliki peran terhadap penjualan ikan kerapu dan memberikan pendapatan kepada para petani tambak. Jumlah pengepul pada Bakti Usaha 2 sebanyak lima orang. Namun yang aktif dalam berkomunikasi dan berinteraksi dengan para petani terdapat tiga orang yaitu Pak Wafik, Pak Arip dan Pak Darnoto. Pengepul ini juga termasuk agen utama dalam pemodelan sistem untuk simulasi nantinya.

3. Perusahaan Kontrak

Perusahaan kontrak salah satu pelaku tidak langsung pada sistem budidaya ikan kerapu ini dikarenakan tidak terlibat secara langsung terhadap para petani tambak selaku pelaku utama. Perusahaan kontrak hanya berinteraksi dengan pengepul terkait dengan pemenuhan permintaan ikan kerapu kemudian melakukan pembayaran.

4. Pemasok Pakan dari TPI

Keterlibatan pemasok pakan dari TPI Brondong juga tergolong pelaku tidak langsung meskipun terlibat dengan para petani tambak. Pemasok pakan hanya melakukan penjualan di TPI dimana para petani tambak akan datang dan melakukan pembelian sesuai kebutuhan dalam masa panen. Jenis pakan yang disediakan juga telah ditentukan sendiri oleh para petani tambak.

5. Pemerintah Kabupaten Lamongan

Pemerintah Kabupaten Lamongan berperan dalam pemilihan lahan, pemberian pembinaan terhadap para petani tambak dan pemberian bantuan. Pemerintah sesekali datang tiap bulan untuk melakukan penyuluhan atau dengan memberikan informasi terkait kunjungan oleh petani tambak budidaya daerah lain yang nantinya akan diterima oleh Pak Kusnul Karim. Bantuan yang pernah diberikan oleh pemerintah adalah kincir air yang dapat menghasilkan gelombang meskipun jumlahnya kadang tidak sesuai dengan jumlah petani tambak yang ada. Pemerintah Kabupaten Lamongan juga tergolong pelaku tidak langsung karena tidak secara langsung berinteraksi dengan para petani tambak dan kurang memberikan timbal balik signifikan terhadap sistem budidaya ikan kerapu Desa Labuhan.

Berdasarkan penjelasan dari para pelaku di sistem budidaya ikan kerapu Desa Labuhan, terdapat tiga pelaku yang nanti akan dilibatkan dalam simulasi yaitu petani tambak, pengepul dan perusahaan kontrak. Ketiga pelaku ini adalah yang paling memiliki dampak signifikan terhadap perkembangan atau perbaikan dari sistem budidaya ikan kerapu sehingga menjadi pertimbangan utama dalam pembuatan model serta simulasi. Namun pada kasus ini pembuatan model dan

simulasi lebih dikhususkan pada perilaku petani tambak terhadap kolam ikan kerapu.

4.1.3. Data Eksisting Produksi Petani Tambak

Produksi petani tambak yang ada di lokasi budidaya ikan kerapu memiliki jumlah berbeda antara satu sama lain karena menyesuaikan dengan jumlah permintaan yang diterima serta kapasitas kolam yang dimiliki. Meskipun demikian, produksi petani tambak terus mengalami peningkatan yang cukup baik karena memang salah satu potensi budidaya yang menguntungkan bagi warga Desa Labuhan. Sumbangsih yang diberikan oleh hasil panen budidaya ikan ini pun dapat menjadi dukungan bagi penghasilan pendapatan daerah Kabupaten Lamongan. Dikarenakan data sekunder yang didapatkan agak sulit, maka dilakukan pengambilan data primer berdasarkan sampel petani yang tergabung dalam Kelompok Bakti Usaha II. Berikut adalah hasil wawancara dengan empat petani tambak terkait dengan proses budidaya ikan kerapu yang dilakukan

Tabel 4. 1 Perbandingan Cara Budidaya Antar Petani Tambak (Sampel)

Aspek Perbandingan	Nama Petani				Satuan
	Petani A	Petani B	Petani C	Petani D	
Jenis Kerapu	Cantang dan Lumpur	Cantang dan Lumpur	Cantang dan Lumpur	Cantang dan Lumpur	-
Panjang Bibit Kerapu	7	6 - 7	7	6 - 7	cm
Berat Ikan	6	6 - 7	6	6 – 6.5	gram
Jumlah kolam dimiliki	4	2	3	2	kolam
Ukuran kolam	3000	5000 dan 3000	3000	5000 dan 3000	m ²
Masa panen	8 - 12	8 - 10	10 sd 14	8 sd 14	bulan

Terlihat dari empat orang petani tambak yang menjadi sampel wawancara, banyak perbedaan antar satu sama lain. Persamaan hanya pada jenis ikan yang dibudidaya yaitu kerapu jenis Cantang dan jenis Lumpur serta harga jual yang

mengikuti standar dari pengepul yaitu Rp. 90.000,00 per kg. Adapula aspek lain yang hampir memiliki persamaan yaitu panjang bibit kerapu awal antara 6 cm dengan berat kira-kira 6 gram. Pakan yang digunakan adalah ikan rucah atau terkadang juga ada petani yang memberikan pakan kepala ikan seperti Petani C serta pur seperti Petani B. Masa panen yang dilakukan juga mayoritas dimulai pada bulan ke 8 sejak disebarnya benih dengan ukuran ikan yang dipanen kira-kira minimal 600 gram. Dari segi modal penggunaan modal yang digunakan berbeda dengan kisaran Rp. 80.000.000,00 sampai Rp. 150.000.000,00 untuk tiap satu kolam. Produksi ikan per kolamnya berurutan adalah 4.000 ekor, 6.400 ekor, 2.000 ekor dan 4.000 ekor.

4.1.4. Identifikasi Pendapatan Petani Tambak

Pendapatan petani tambak dipertimbangkan berdasarkan jumlah produksi yang dilakukan oleh para petani tambak. Jumlah pendapatan yang didapatkan menyesuaikan dengan nilai harga tukar ikan kerapu paling baru (sekitar Rp. 90.000 per kg) dengan jumlah panen yang dihasilkan dan kapasitas dari kolam budidaya. Sebelumnya perlu diketahui jenis-jenis aspek yang akan digunakan dalam perhitungan beserta dengan harga pasaran sesuai dengan kondisi nyata. Berikut adalah aspek-aspek yang perlu dipertimbangkan dalam budidaya kerapu.

4.1.5.1. Bibit Ikan Kerapu

Bibit ikan kerapu merupakan aspek terpenting dalam budidaya mengingat bibit adalah bentuk awal ikan kerapu yang nanti akan dipanen ketika mencapai ukuran tertentu. Ukuran bibit yang digunakan pada Bakti Usaha II adalah kisaran 6 cm sampai dengan 7 cm dengan harga per cm sebesar Rp. 900,00 yang didapatkan dari pengepul dengan membeli dari pemasok di Situbondo. Bibit yang digunakan tergolong biasa, namun adapula bibit unggul yang dijual dengan harga per cm sebesar Rp. 1.700,00. Perbedaan dari jenis yang digunakan akan mempengaruhi kualitas ikan dan tingkat kehidupan (*survival rate/SR*) dari ikan saat dipanen nanti. SR bibit biasa mencapai maksimal 80% sedangkan SR bibit unggul bisa mencapai maksimal 90% di hasil akhir panen nanti.

4.1.5.2. Pakan Ikan Kerapu

Pakan ikan kerapu menjadi aspek kedua yang perlu diperhatikan mengingat pakan ikan akan mempengaruhi laju pertumbuhan harian (LPH) dari ikan kerapu. LPH berpengaruh terhadap pertumbuhan panjang ikan kerapu dan berat dari hari awal sampai hari dipanen. Berat ikan kerapu yang dipanen biasanya adalah 600 gram dalam waktu 8 bulan. Menurut Supito dkk (1998) LPH ikan biasanya kisaran 2% sampai 3% sedangkan menurut penelitian yang dilakukan Juliandri (2013) didapatkan LPH ikan kerapu kisaran 1.34% sampai dengan 1.43% dengan berat awal ikan yang diteliti adalah 80 gram. Perlakuan pemberian pakan dan jenisnya akan memberikan perbedaan pertumbuhan kerapu. Jenis pelet dan ikan rucah pada umumnya digunakan sebagai pakan ikan kerapu. Di sisi lain terdapat pula kombinasi pemberian pakan dengan gabungan antara ikan rucah dan pelet. Harga pelet mencapai Rp. 20.000,00 per kg sedangkan ikan rucah memiliki harga sekitar Rp. 2.500,00 – Rp. 3.000,00 per kg.

Selain jenis pakan, frekuensi pemberian pakan juga akan memengaruhi LPH ikan. Frekuensi pemberian pakan disesuaikan dengan *food conversion ratio* (FCR). Untuk pelet biasa menggunakan FCR 1:2 (yang berarti setiap penambahan 1 gram ikan, perlu 2 gram pelet) dan untuk ikan rucah perlu FCR 1:6 (yang berarti setiap penambahan 1 gram ikan, perlu 6 gram rucah). Pemberian pakan biasanya dilakukan dua kali yaitu Perlakuan yang dapat diberikan ada empat macam yaitu:

- a. Pemberian pakan ikan rucah tiap pagi dan sore
- b. Pemberian pakan pelet tiap pagi dan sore
- c. Pemberian pakan ikan rucah di pagi hari dan pelet di sore hari
- d. Pemberian pakan pelet di pagi hari dan ikan rucah di sore hari.

Pada objek amatan yaitu Kelompok Bakti Usaha II, pakan yang digunakan adalah ikan rucah dengan konteks pada penelitian ini diberikan nama “rucah lamongan” dikarenakan harganya yang lebih murah dibanding dengan ikan rucah pada umumnya.

4.1.5.3. Harga Jual

Harga jual ikan kerapu merupakan aspek yang perlu mendapat perhatian karena berkaitan dengan keuntungan yang akan didapatkan oleh petani tambak. Harga jual ikan kerapu pada umumnya sudah diterapkan oleh pasaran. Untuk jenis ikan Kerapu Cantang dan jenis Kerapu Lumpur, harga jual sesuai standar pasar adalah Rp. 85.000,00 sampai Rp. 100.000,00 per kg. Karena harga jual ikan kerapu hasil budidaya di Kelompok Bakti Usaha II diatur oleh pengepul, standar yang diterapkan disana adalah Rp. 85.000,00 sampai Rp. 90.000,00 per kg.

4.1.5.4. Estimasi Pendapatan

Terdapat perbedaan pendapatan yang didapatkan oleh setiap petani tambak dikarenakan aspek yang telah disebutkan sebelumnya. Berikut adalah contoh perhitungan pendapatan seorang petani tambak dengan asumsi memiliki 1 kolam dengan kapasitas kolam 3.000 m² (jumlah bibit sebanyak 5.000 ekor) dengan usia panen kira-kira 1 tahun/12 bulan.

Didapatkan untuk seorang petani tambak yang akan melakukan atau memulai budidaya ikan kerapu diperlukan total biaya sebesar Rp. 88.360.000,00 sebagai modal awal. Pada estimasi di atas diperuntukkan untuk jumlah kolam yang dimiliki 1 kolam saja meskipun pada kondisi nyata petani mayoritas memiliki lebih dari 1 kolam. Untuk estimasi penghasilan dari petani bisa dilihat pada tabel di bawah ini yang didapatkan dari penjualan ikan kerapu hasil panen. Perlu diketahui bahwa ikan kerapu yang dibudidayakan di Desa Labuhan memiliki tingkat keberhasilan 80% tiap panen dan berat asumsi 0,6 kg.

Tabel 4. 2 Estimasi Pendapatan dari Petani Tambak untuk Satu Tahun Masa Panen

Jenis Biaya	Harga Satuan	Satuan	Jumlah	Total
Ikan Kerapu Panen	Rp. 90.000	rupiah per kg	0.6 kg x 5.000 ekor x 0.8 = 2.400 kg	Rp. 216.000.000,00
Total Pendapatan Kotor				Rp. 216.000.000,00
Total Pengeluaran (Modal)				Rp. 88.360.000,00
Total Pendapatan				Rp. 127.760.000,00
Total Pendapatan (2 kolam)				Rp. 255.280.000,00

Tabel 4.2 di atas menampilkan jumlah pendapatan bersih yang didapatkan oleh seorang petani tambak sebesar Rp. 127.760.000,00. Apabila dikaitkan dengan mayoritas petani tambak disana memiliki lebih dari dua kolam, maka pendapatan yang didapatkan untuk dua kolam misalnya sebesar Rp. 255.280.000,00. Pendapatan sebesar itu biasa dimanfaatkan oleh petani tambak bisa untuk melakukan ekspansi lahan kolam atau juga digunakan untuk memenuhi kebutuhan primer, sekunder dan tersier.

Petani tambak pada budidaya ikan kerapu di Kelompok Bakti Usaha II memiliki tiga jenis kolam yang ada yaitu 2.500 m² (dengan kapasitas ikan 3.500 bibit), 3.000 m² (dengan kapasitas ikan 5.000 bibit) dan 4.000 m² (dengan kapasitas ikan 6.000 bibit). Berikut adalah estimasi biaya yang diperlukan dan pendapatan yang didapatkan oleh petani tambak yang memiliki jenis kolam berbeda.

Tabel 4. 3 Estimasi Pendapatan Petani Tambak berdasarkan Kombinasi Kapasitas Kolam

Jenis Kombinasi Kapasitas Kolam	Total Pengeluaran (Rupiah)	Total Pendapatan Kotor (Rupiah)	Total Pendapatan (Rupiah)
2 kolam 2.500 m ²	165.920.000	345.600.000	179.680.000
2 kolam 3.000 m ²	176.720.000	432.000.000	255.280.000
2 kolam 4.000 m ²	192.920.000	561.600.000	368.680.000
2.500 m ² dan 3.000 m ²	171.320.000	388.880.000	217.480.000

Tabel 4. 3 Estimasi Pendapatan Petani Tambak berdasarkan Kombinasi Kapasitas Kolam
(lanjutan)

Jenis Kombinasi Kapasitas Kolam	Total Pengeluaran (Rupiah)	Total Pendapatan Kotor (Rupiah)	Total Pendapatan (Rupiah)
2.500 m ² dan 3.000 m ²	179.420.000	453.600.000	274.180.000
3.000 m ² dan 4.000 m ²	184.820.000	496.800.000	311.980.000

Bila dilihat dari kombinasi kapasitas kolam pada Tabel 4.3, didapatkan bahwa yang paling menguntungkan adalah petani tambak yang memiliki 2 kolam 4.000 m² dengan jumlah keuntungan pendapatan sebesar Rp. 368.680.000,00. Untuk kombinasi yang menguntungkan kedua adalah kombinasi antara ukuran kolam 3.000 m² dan 4.000 m² dengan jumlah keuntungan pendapatan sebesar Rp. 311.980.000,00. Perlu diketahui bahwa hitungan tersebut adalah perhitungan ideal dimana hanya beberapa petani tambak yang menerapkan hal tersebut. Dalam membuka lahan kolam pun, para petani tambak memiliki keterbatasan dikarenakan dengan luas lahan yang dimiliki serta daya dukung lingkungan sekitar tersebut kepada pertumbuhan kerapu di kolam.

4.2. Perancangan Model Konseptual

Bagian ini menjelaskan mengenai pembuatan model konseptual berdasarkan data-data yang sudah didapatkan. Model konseptual digunakan sebagai alur pemikiran penulis dalam menggambarkan kondisi sistem dan sebagai referensi ketika akan membuat model simulasi. Perancangan model konseptual terdiri atas identifikasi agen, diagram interaksi antar agen dan gambaran model konseptual agen.

4.2.1. Identifikasi Agen

Dalam memodelkan sebuah sistem kompleks, perlu terlebih dahulu melakukan identifikasi terhadap elemen sistem tersebut. Pada sub bagian sebelumnya telah dijelaskan mengenai pelaku-pelaku yang terlibat dalam sistem budidaya ikan kerapu di Desa Labuhan tepatnya yang tergabung dalam Bakti Usaha II yang terdiri atas petani tambak, *pengepul*, perusahaan kontrak, pemasok pakan

dari TPI dan Pemerintah Kabupaten Lamongan. Meskipun terdiri atas lima pelaku, namun pelaku yang dapat diidentifikasi sebagai agen adalah petani tambak dan *pengepul*. Kedua pelaku ini dipilih sebagai agen karena memiliki dampak signifikan serta terdapat proses umpan balik yang dapat memengaruhi tumbuh kembang dari sistem budidaya ikan kerapu.

Agen atau dikatakan sebagai individu memiliki atribut yang menempel dan perilaku yang menjadikan mereka sebagai hal unik. Atribut terdiri atas dua macam yaitu *fixed attribute* (atribut tetap) dan *variable attribute* (atribut variabel). Atribut tetap merupakan jenis atribut yang tidak akan berubah dan menjadi sebuah identitas dari agen tersebut sedangkan variabel atribut nantinya menjadi parameter yang dilihat sebagai perubahan sebuah agen yang memberikan dampak terhadap sistem. Variabel atribut ini dipengaruhi oleh atribut tetap dan perilaku. Perilaku dari tiap agen memiliki keunikan sendiri dan digunakan sebagai *experimental factor* (faktor eksperimen) yang dapat dirubah untuk mencari nilai parameter yang paling baik untuk sistem. Berikut adalah identifikasi agen dari sistem budidaya ikan kerapu Bakti Usaha II, Desa Labuhan.

1. Agen: Petani Tambak

Atribut Tetap:

- a. Jenis agen, yaitu petani tambak.
- b. Ukuran kolam yang dimiliki, yang terdiri atas ukuran 2.500 m², 3.000 m² dan 4.000 m².
- c. Jumlah kolam yang dimiliki, dimana masing-masing petani tambak minimal memiliki dua kolam.
- d. Jumlah agen 45 orang.

Atribut Variabel:

- a. Biaya produksi, sebagai kebutuhan biaya yang diperlukan dalam memulai sebuah budidaya ikan kerapu dari nol atau setelah selesai panen. Biaya produksi tersusun atas biaya bibit, biaya pakan, biaya pengerukkan kolam, gaji karyawan dan biaya bahan bakar.
- b. Jumlah ikan yang diproduksi/dipanen, sebagai penanda untuk melihat jumlah ikan yang didapatkan setelah masa panen dan dijual

- c. Jumlah berat ikan terjual, mengetahui berat ikan yang telah terjual
- d. Jumlah pendapatan (*income*), sebagai pendapatan bersih yang didapatkan dari penjualan ikan yang diproduksi dan telah dikurangi oleh biaya produksi.
- e. Frekuensi panen, untuk melihat frekuensi panen yang dilakukan petani tambak dalam kurun waktu simulasi tertentu. Pada penelitian ini dilakukan masa simulasi selama lima tahun.

Perilaku:

- a. Penentuan jumlah bibit yang ditebar, dimana bibit ini didapatkan dari pengepul sesuai dengan pembagian permintaan dari kontrak dengan perkiraan yang baik untuk mendapatkan ikan panen sesuai permintaan.
- b. Penentuan frekuensi pemberian pakan, yaitu kebutuhan pakan ikan dengan frekuensi minimal adalah dua kali sehari supaya memiliki pertumbuhan yang baik.
- c. Penentuan jenis pakan, dimana pakan ini memengaruhi bagaimana ikan akan tumbuh dengan memakan pakan. Pakan yang digunakan berasal dari TPI dengan ketentuan saat ikan masih kecil, makan pakan berupa ikan-ikan kecil (rucah), sedangkan apabila ikan sudah memasuki tiga bulan masa pertumbuhan, maka diberikan pakan kepala ikan. Penentuan jenis pakan yang digunakan berdasarkan kecocokkan pada ikan serta harga yang terjangkau bagi petani tambak.
- d. Waktu panen, dimana waktu panen yang diterapkan adalah 8 bulan atau kurang lebih 240 – 250 hari.
- e. Ukuran minimal panen, untuk mengetahui berapa lama waktu yang diperlukan apabila petani tambak spesifik menginginkan panen dilakukan ketika ikan telah mencapai ukuran tertentu
- f. Jenis bibit yang digunakan, dimana jenis bibit yang digunakan oleh Kelompok Bakti Usaha II adalah bibit biasa.
- g. Penentuan harga ikan, yaitu menentukan harga dari ikan yang dijual kepada pengepul. Penentuan harga ikan dilakukan per kg dimana pada saat ini harga ikan kerapu adalah Rp. 90.000,00 per kg. Dalam pasar ikan kerapu, harga

wajar yang dapat ditentukan pada penjualan ikan kerapu adalah Rp. 80.000,00 – Rp. 120.000,00.

2. Agen: Ikan Kerapu

Atribut Tetap

- a. Jenis agen, yaitu jenis Kerapu Cantang dan Kerapu Lumpur.

Atribut Variabel:

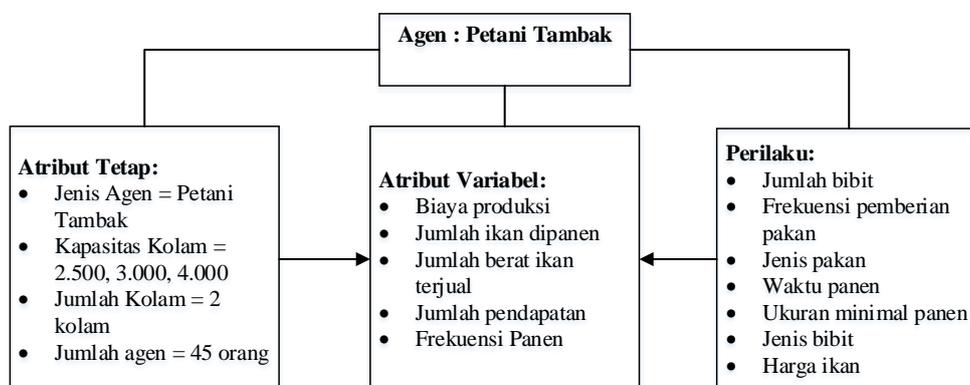
- a. Jumlah agen, menyesuaikan dengan bibit yang disebar oleh petani tambak.
- b. Berat ikan, bertambah seiring bertambahnya waktu dan pemberian jenis makan oleh petani tambak.
- c. Laju pertumbuhan harian (LPH) ikan, dimana merupakan laju pertumbuhan ikan kerapu per harinya disebabkan karena pemilihan jenis pakan dan frekuensi pemberian pakannya.
- d. Tingkat kehidupan (*survival-rate*/SR), dimana pada Bakti Usaha II adalah 80%. SR bisa berubah sesuai dengan bibit yang digunakan.
- e. Jumlah agen hidup, sesuai dengan SR berdasarkan dengan bibit yang digunakan.

Setelah melakukan identifikasi agen, dibuat model konseptual dari para agen dan diagram interaksi antar agen sebagai penjelas dan memudahkan pemahaman alur berpikir dari gambaran sistem budidaya ikan kerapu pada bagian berikutnya.

4.2.2. Model Konseptual Agen

Model konseptual agen dibuat dengan mengacu dari hasil identifikasi para agen di bagian sebelumnya. Secara garis besar, agen yang terlibat adalah petani tambak dan *pengepul*. Namun dari masing-masing agen tersebut, juga terdapat perbedaan dari jenis masing-masing agen dan memiliki interaksi antar agen secara langsung maupun tidak langsung. Model konseptual disini mencoba memberikan gambaran mengenai bagaimana berjalannya sistem budidaya ikan kerapu Bakti Usaha 2, Desa Labuhan selama ini dengan adanya agen-agen yang memiliki atribut

dan perilaku masing-masing sebagai parameter dari sistem. Berikut adalah model konseptual dari masing-masing agen yang sudah diidentifikasi sebelumnya.



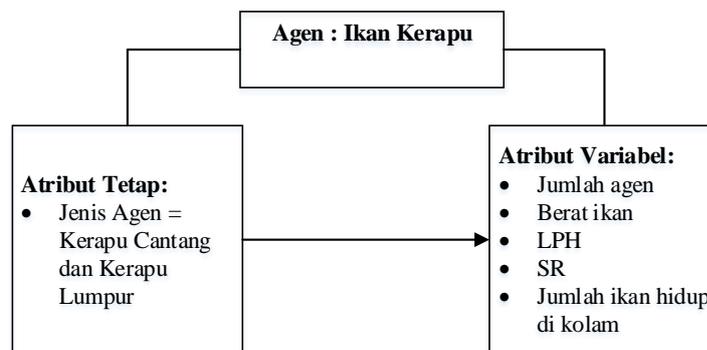
Gambar 4. 3 Atribut dan Perilaku Petani Tambak

Berdasarkan gambar di atas dibuat visualisasi dari data dalam identifikasi atribut variabel dan perilaku. Petani tambak selaku agen memiliki atribut tetap terdiri atas jenis agen berupa petani tambak, kapasitas kolam yang dimiliki 2.500 m², 3.000 m² dan 4000 m², jumlah kolam yaitu dua kolam dan jumlah agen sebanyak 45 orang. Atribut tetap akan memengaruhi atribut variabel dari agen yang terdiri dari biaya produksi, jumlah ikan dipanen, jumlah berat ikan terjual, jumlah pendapatan, LPH ikan dan frekuensi panen. Hasil atribut variabel juga akan dipengaruhi oleh perilaku (yang menjadi *experimental factor*) yang terdiri atas jumlah bibit, frekuensi pemberian pakan, jenis pakan, waktu panen dan ukuran minimal panen.

Pada umumnya, jumlah petani tambak yang mencapai 45 orang tentu akan memiliki perilaku yang berbeda antar satu sama lain serta terdapat kemungkinan adanya perilaku kelompok. Namun berdasarkan hasil pengamatan untuk penelitian ini, petani tambak disana memiliki perilaku yang berbeda dari segi perilaku berbeda berdasarkan *experimental factor* yang ada. Perilaku yang dirumuskan sebagai input model adalah perilaku petani tambak mayoritas sehingga diasumsikan mewakili keseluruhan perilaku petani tambak untuk menghasilkan produksi dan pendapatan yang sesuai dengan kenyataan. Adapula dari segi perilaku kelompok, petani tambak yang tergabung dalam Kelompok Bakti Usaha II selama pengamatan dan dari hasil

wawancara tidak terindikasi memiliki perilaku kelompok yang berpengaruh secara keseluruhan. Sampai saat ini, petani tambak bergerak secara individu dengan perilaku mereka dan tetap mengikuti alur penjualan yang telah disepakati dengan pengepul. Dalam artian lain, perilaku kelompok belum ada karena hubungan antara petani tambak dengan pelaku lain masih harmonis sehingga belum terjadi adanya perilaku secara kolektif atau keseluruhan yang bisa berimbas pada produksi ikan kerapu atau pendapatan dari petani tambak.

Setelah melakukan identifikasi atribut dan perilaku petani tambak, dilakukan identifikasi atribut dan perilaku dari ikan kerapu yang bisa dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 4. 4 Atribut dan Perilaku Ikan Kerapu

Untuk agen ikan kerapu, tidak ada perilaku spesifik yang dilakukan. Namun agen ikan kerapu memiliki atribut yang terdiri atas atribut tetap dan atribut variabel. Atribut tetap adalah jenis agen yang terdiri dari jenis Kerapu Cantang dan jenis Kerapu Lumpur sedangkan atribut variabel terdiri dari jumlah ikan kerapu di kolam, berat ikan selama masa pertumbuhan dan jumlah ikan yang hidup di kolam sebelum di panen.

Dengan dilakukan penggambaran model konseptual yang didasarkan pada penggambaran atribut tetap, atribut variabel dan perilaku dari masing-masing agen maka selanjutnya adalah membuat interaksi antar agen baik itu secara langsung maupun secara tidak langsung. Interaksi yang terjadi berdasarkan pada pengamatan langsung dan juga berdasarkan hasil wawancara dengan pelaku budidaya ikan

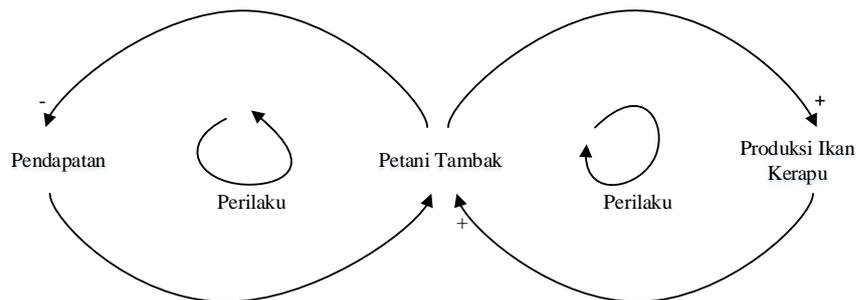
kerapu yaitu petani tambak dan *pengepul*. Interaksi antar agen akan dijelaskan pada bagian berikutnya.

4.2.3. Diagram Interaksi Antar Agen

Subbab ini menjelaskan mengenai interaksi yang terjadi antara agen. Agen yang digunakan pada penelitian ini adalah agen petani tambak dan agen ikan kerapu. Diagram interaksi dibangun dalam bentuk diagram sebab akibat (*causal loop diagram/CLD*) inisial dan diagram sebab akibat secara keseluruhan.

4.2.3.1. Diagram Sebab Akibat Inisial

Diagram sebab akibat inisial digunakan untuk menjelaskan secara garis besar terkait interaksi antar agen pada Kelompok Bakti Usaha II. Berikut adalah diagram sebab akibat inisial dari budidaya ikan kerapu.



Gambar 4. 5 Diagram Sebab Akibat Inisial

Berdasarkan gambar 4.5 di atas dilihat bahwa elemen yang berkaitan dalam diagram interaksi adalah petani tambak dengan pendapatan dan produksi ikan kerapu. Terlihat bahwa perilaku petani tambak akan memengaruhi pendapatan dan produksi ikan kerapu. Perilaku petani tambak dapat berpotensi untuk menyebabkan pengurangan pendapatan yang didapatkan. Namun apabila pendapatan mendapatkan hasil yang banyak, maka bisa memberikan dampak positif berarti adanya peningkatan kesejahteraan petani dan berpotensi bisa mengundang petani tambak lain untuk ikut melakukan budidaya. Namun apabila pendapatan rendah, bisa juga berpotensi untuk membuat petani tambak menghentikan usahanya. Bila dilihat dengan segi produksi ikan kerapu, perilaku petani tambak dapat

dihasilkan adalah jumlah ikan di kolam, LPH, SR, biaya produksi dan jumlah ikan hidup. Output secara keseluruhan adalah jumlah ikan dipanen dan pendapatan dari petani tambak itu sendiri.

4.3. Perancangan Simulasi dengan *Agent-based Modelling*

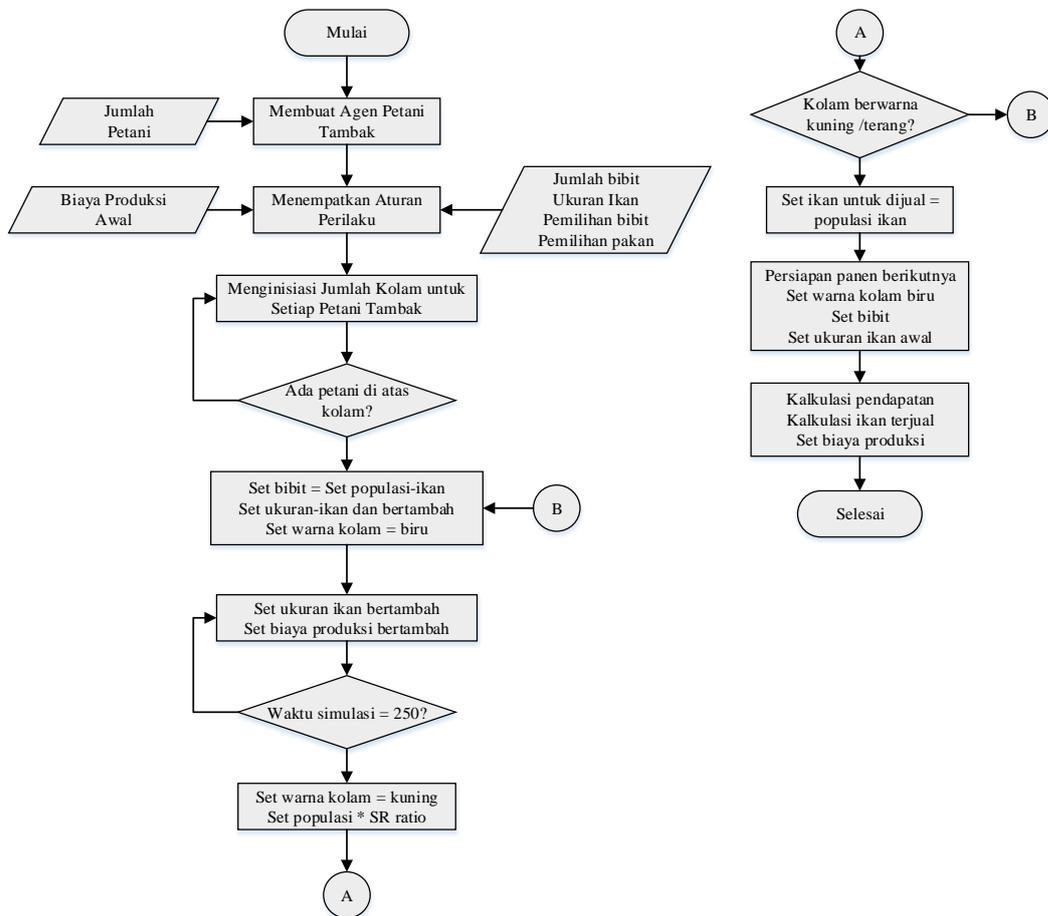
Bagian ini menjelaskan mengenai proses perancangan simulasi dengan menggunakan pendekatan *agent-based modelling* (ABM). Dimulai dari perancangan diagram alir algoritma pemrograman dan identifikasi bahasa pemrograman dari agen yang terlibat. Selain itu, bagian ini juga menjelaskan mengenai tampilan muka model simulasi yang dibuat serta penjelasan fitur model simulasi yang ada dalam program NetLogo.

4.3.1. Diagram Alir Algoritma Pemrograman

Algoritma pemrograman digunakan untuk memastikan program yang dibuat berjalan sesuai dengan model konseptual yang telah dibuat sebelumnya. Algoritma pemrograman juga dibuat sebagai landasan pembuatan model komputer sekaligus sebagai dasar dalam melakukan verifikasi. Bentuk diagram alir dipilih dikarenakan memudahkan dalam melihat algoritma pada *software* NetLogo. Gambar 4.8 di bawah adalah diagram alir algoritma pemrograman dari budidaya ikan kerapu.

Dalam merancang model komputer pada *software* NetLogo, perlu diidentifikasi terlebih dahulu terkait dengan atribut dan perilaku dari para agen. Pada penelitian ini, agen yang memiliki perilaku adalah agen petani tambak sedangkan agen ikan kerapu hanya memiliki atribut yang akan dipengaruhi oleh interaksi dengan petani tambak sesuai dengan perilaku si petani tambak. Dimulai dari pembuatan agen petani tambak sejumlah 45 orang. Berikutnya adalah proses menentukan aturan perilaku berupa atribut bawaan dari petani tambak yaitu biaya produksi awal, jumlah bibit, ukuran ikan inisial, jenis bibit dan jenis pakan yang akan digunakan. Setelah membuat atribut dan perilaku, tahap berikutnya adalah menginisiasi satu petani-tambak memiliki kolam sebagai visualisasi dari kolam tambak ikan kerapu yang dimilikinya. Dalam bahasa pemrograman, dibuat satu

jenis kolam (dalam bentuk *patches*) tidak boleh terdapat lebih dari satu orang petani tambak. Maka dari itu perlu diperiksa terlebih dahulu sebelum melanjutkan pembuatan program apakah sudah sesuai dengan yang diinginkan.



Gambar 4. 7 Diagram Alir Algoritma Pemrograman

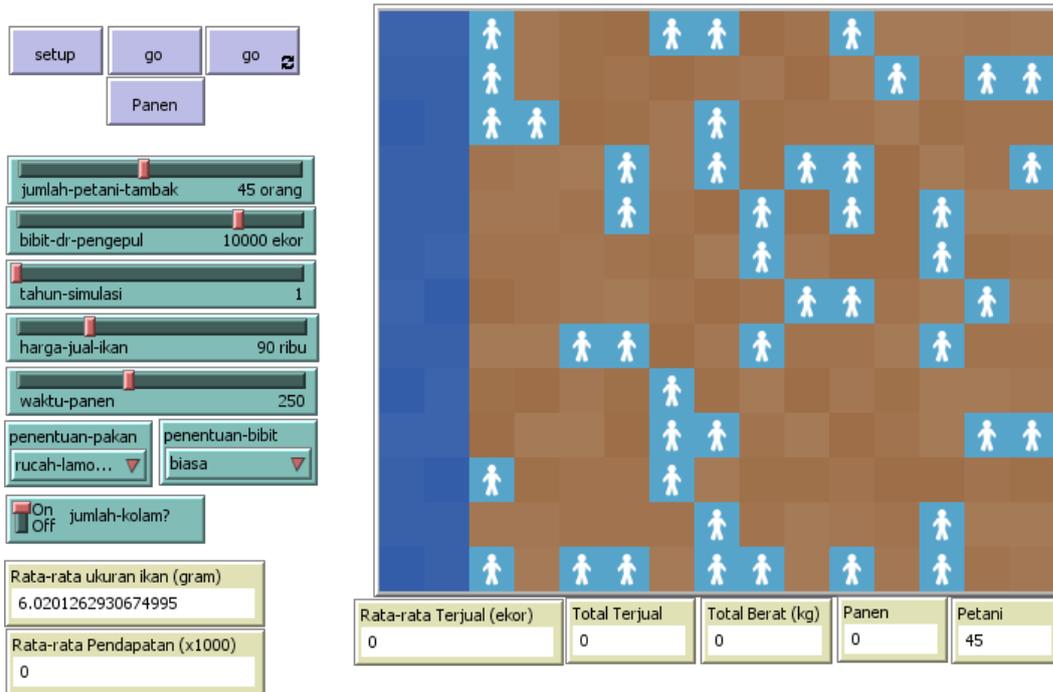
Selanjutnya masuk ke tahap *running* model simulasi yaitu melihat pertambahan ukuran ikan (pada model ini ukurannya adalah berat) dan pertambahan biaya produksi selama menjalankan simulasi. Model simulasi bisa berjalan apabila petani tambak telah menyebarkan bibit pada kolam. Ukuran berat dari kecil sampai ukuran berat yang cukup untuk dipanen ditandai dengan warna yang akan semakin terang. Namun untuk model ini diberi batasan waktu panen adalah 250 hari sejak disebarnya bibit ikan. Pertimbangan panen dilakukan 250 hari atau kira-kira 8 bulan sejak bibit ditebar adalah kebiasaan petani melakukan panen

dengan kurun waktu tersebut berdasarkan pertumbuhan ikan kerapu di sistem budidaya ikan kerapu. Pertimbangan lain adalah melihat potensi bahwa 8 bulan merupakan waktu tercepat untuk dapat memproduksi ikan kerapu mengingat jumlah permintaan ikan kerapu di objek amatan akan meningkat apabila mendekati hari raya atau tahun baru.

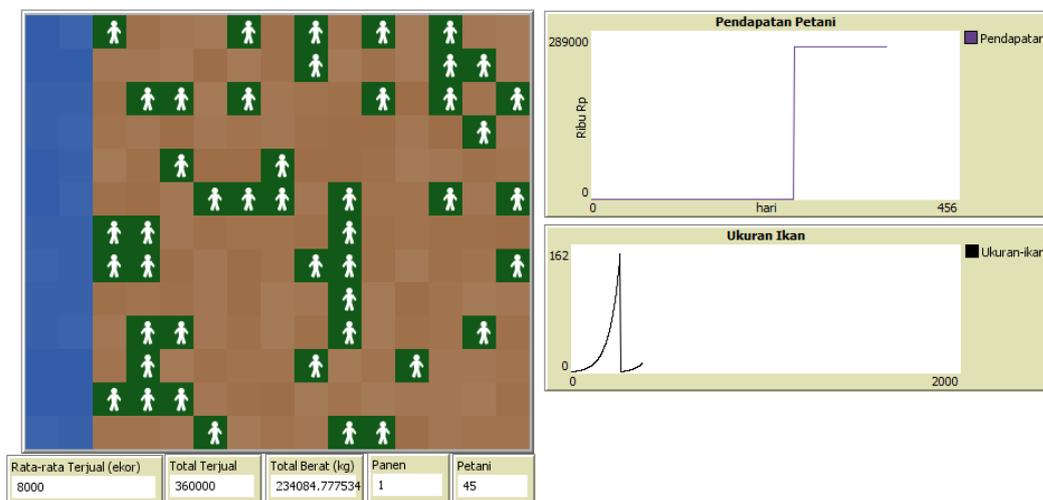
Apabila warna kolam sudah semakin cerah dan sudah memasuki waktu batas panen, maka ikan bisa dipanen dan petani tambak bisa mulai mengambil ikan. Ikan yang diambil dijual, kemudian biaya akan di *set* ulang kembali untuk melakukan simulasi berikutnya.

4.3.2. Tampilan Muka Model Simulasi

Bagian ini menampilkan tampilan muka dari model simulasi. Model simulasi memiliki beberapa fitur tombol yang digunakan untuk menjalankan simulasi. Jenis fitur yang tersedia pada NetLogo dan digunakan pada penelitian ini adalah *button*, *slider*, *chooser*, *switch*, *chooser*, *monitor* dan *plot*. Fitur yang digunakan adalah fitur *setup* dan fitur *go*. Terdapat fitur tambahan yaitu fitur “Panen” untuk menambah opsi melakukan panen kapanpun waktu yang diinginkan. Fitur lainnya digunakan untuk menyesuaikan skenario dan berdasarkan *experimental factors* dari model. Berikut adalah tampilan muka dari model simulasi



Gambar 4. 8 Tampilan Muka Model Simulasi dengan Fitur-fitur



Gambar 4. 9 Tampilan Muka Model Simulasi dengan Fitur Monitor dan Plot

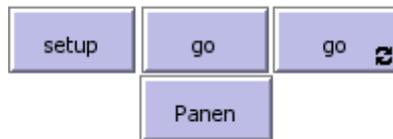
4.3.3. Penjelasan Fitur Model Simulasi

Fitur-fitur pada *software* NetLogo memiliki fungsi-fungsi dan bisa diprogram berdasarkan keinginan dari pembuat program. Seperti yang dijelaskan

pada bagian sebelumnya, terdapat beberapa fitur NetLogo yang digunakan pada model simulasi. Berikut adalah fitur-fitur pada model simulasi penelitian ini.

4.3.3.1. Fitur *Button*

Fitur pertama sekaligus menjadi yang utama adalah fitur *button*. Pada model simulasi, fitur *button* digunakan untuk *setup*, *go-once*, *go* dan “Panen”. Fitur ini membuat program bisa berjalan dan menghasilkan output sesuai keinginan.



Gambar 4. 10 Fitur Button (*setup*, *go-once*, *go* dan “panen”)

Setup digunakan untuk mempersiapkan model simulasi. Ketika tombol ini ditekan, maka tampilan muka akan berubah dan kembali menjadi kondisi inisial sesuai dengan input yang diinginkan dari *experimental factors* yang ada. Berikut adalah contoh bahasa pemrograman dari *setup*.

```
to setup
  ;menginisiasi kolam yang ada
  clear-all
  set-default-shape petani-tambak "person"
  ask patches [
    set pcolor brown + random-float 0.5 ; membuat keseluruhan lahan
    set ukuran-ikan 0
    set populasi-ikan 0
  ]

  ask patches with [pxcor < 2 and pycor <= 12 and pycor >= 0 ] [
    set pcolor blue + random-float 0.3
  ]

  ;membuat petani pada setiap kolam
  ask n-of jumlah-petani-tambak patches with [pxcor > min-pxcor + 1 ] [
    if not any? other turtles-here
    [ sprout-petani-tambak 1 ] ; membuat petani-tambak
  ]
end
```

Gambar 4. 11 Bahasa Pemrograman *Setup*

Go-once dan *go* digunakan untuk menjalankan model simulasi yang bergerak berdasarkan *tick* atau waktu simulasi. *Go-once* mempersilahkan pengguna untuk melakukan *running* simulasi hingga batas *tick* yang ditentukan kemudian berhenti sedangkan *go* mempersilahkan pengguna untuk *running* simulasi secara terus-menerus. Berikut adalah contoh bahasa pemrograman dari “*go*”.

```

to go
  tick
  if ticks = 365 * tahun-simulasi
    [stop]
  ask patches with [pcolor = 96 or pcolor = yellow and not any? petani-tambak-here][
    set pcolor red
  ]

  go-penentuan-pakan
  go-penentuan-bibit
  go-tebar-bibit
end

```

Gambar 4. 12 Bahasa Pemrograman *Go*

Panen merupakan fitur *button* tambahan untuk menambah opsi pengguna ketika ingin melakukan panen pada saat yang diinginkan tanpa perlu menunggu kondisi melakukan panen. Panen terdapat pada prosedur melakukan-panen yang bisa dilihat pada bahasa pemrograman berikut ini.

```

to melakukan-panen ; turtle procedure
; procedure untuk melakukan panen sekaligus menginisiasi ulang proses budidaya
set jmlh-panen jmlh-panen + 1
set pcolor green
set populasi-ikan (populasi-ikan * survival-rate )
set ikan-untuk-dijual (ikan-untuk-dijual + populasi-ikan)
set populasi-ikan 0
set pcolor 96
set bibit bibit-dr-pengepul ; + random (11500 - 8000)
if bibit != 0
[set heading 270
  fd (0.3) ]
penjualan-ikan
end

```

Gambar 4. 13 Prosedur Melakukan Panen

4.3.3.2. Fitur *Slider*

Fitur *slider* digunakan sebagai fitur untuk memasukkan *experimental factors* dari model simulasi sekaligus juga menentukan kondisi awal. Bagian yang termasuk dalam *fitur slider* adalah jumlah-petani-tambak, bibit-dr-pengepul, tahun-simulasi, harga-jual-ikan dan waktu-panen.



Gambar 4. 14 Fitur *Slider*

Jumlah-petani-tambak digunakan untuk menentukan jumlah petani-tambak saat *setup*. Untuk model ini, jumlah dari petani sudah ditentukan sebanyak 45 orang. Bahasa pemrogramannya sudah tercakup pada bagian *setup*.

Bibit-dr-pengepul digunakan untuk menentukan jumlah bibit yang digunakan dalam proses budidaya saat *setup*. Untuk model ini, jumlah dari bibit sudah ditentukan sebanyak 10.000 bibit. Bahasa pemrograman dari bibit-dr-pengepul adalah sebagai berikut.

```
set size 0.7
set bibit bibit-dr-pengepul]
set pendapatan 0
set ikan-untuk-dijual 0
set biaya-produksi-awal ( bibit * 0.9 * 6 ) ; 0.9 = 900 rupiah
set ikan-terjual 0
set biaya-pakan 0
set biaya-karyawan 0
set biaya-solar 0
set biaya-pengerukkan 0
set count-down waktu-panen
```

Gambar 4. 15 Bahasa Pemrograman pada Setup untuk bibit-dr-pengepul

Tahun-simulasi digunakan untuk menampilkan batasan *tick* untuk berhenti. Pada model ini tahun simulasi untuk model inisial ditentukan sebagai satu tahun dan untuk perbandingan skenario adalah lima tahun. Bahasa pemrograman tahun-simulasi sudah tercantum pada *go*.

Harga-jual-ikan digunakan untuk menentukan pendapatan yang didapatkan oleh petani tambak setelah dikurangi biaya produksi. Harga-jual-ikan termasuk dalam input saat nanti setelah melakukan panen. Berikut adalah prosedur pada bahasa pemrograman yang menggunakan harga-jual-ikan.

```

to penjualan-ikan ; turtle procedure
; menghitung pendapatan dan produksi ikan
;ask petani-tambak
set pendapatan ((pendapatan + (ikan-untuk-dijual * (ukuran-ikan / 1000) * 1 * (harga-jual-ikan) ))
- (biaya-produksi-awal + biaya-pakan + biaya-karyawan + biaya-solar + biaya-pengerukkan ))
set ikan-terjual (ikan-terjual + ikan-untuk-dijual)
set ikan-perkg (ikan-perkg + (ikan-untuk-dijual * ukuran-ikan / 1000))
set ikan-untuk-dijual 0
set ukuran-ikan 0
set ukuran-ikan 5.7 + random-float 0.6
set biaya-produksi 0
set biaya-produksi (biaya-produksi + ( bibit * biaya-bibit * 6))
;set biaya-pengerukkan 10000
set biaya-pakan 0
set biaya-karyawan 0
set biaya-solar 0

end

```

Gambar 4. 16 Prosedur yang Menampilkan Harga-jual-ikan

Waktu-panen merupakan batasan untuk melakukan panen dari petani tambak. Untuk penelitian ini, waktu-panen sudah ditentukan menjadi 250 hari. Waktu-panen menjadi kondisi input pada *go* untuk menentukan kondisi petani melakukan panen. Diterapkan pada prosedur *count-down* yang merupakan logika untuk membuat petani tambak melakukan panen ketika *count-down* sudah mencapai nilai 0. Berikut adalah prosedur yang mencantumkan waktu-panen.

```

to reset-count-down
set count-down waktu-panen
end

```

Gambar 4. 17 Prosedur *Count-down*

4.3.3.3. Fitur *Chooser*

Fitur *chooser* pada model ini digunakan sebagai input skenario yang akan dilakukan atau dengan kata lain, *experimental factors*. Fitur *chooser* digunakan untuk memiliki penentuan-pakan dan penentuan-bibit.

Penentuan-pakan merupakan prosedur untuk melihat pengaruh dari pemilihan pakan pada *chooser*. Kondisi eksisting simulasi menggunakan pakan yang diberi nama “rucah-lamongan” sebagai pakan utamanya. Jenis pelet, rucah, pelet-rucah dan rucah-pelet merupakan opsi lain untuk skenario. Berikut adalah bahasa pemrograman dari penentuan-pakan.

```
to go-penentuan-pakan ; LPH adalah Laju Pertumbuhan Harian
  ask petani-tambak [
    if penentuan-pakan = "rucah-lamongan"
      [ set LPH 0.019
        set harga-perjenis-pakan 150 ]
    if penentuan-pakan = "pelet"
      [ set LPH 0.02
        set harga-perjenis-pakan 400 ]
    if penentuan-pakan = "rucah"
      [ set LPH 0.0193
        set harga-perjenis-pakan 180 ]
    if penentuan-pakan = "pelet-rucah"
      [ set LPH 0.0204
        set harga-perjenis-pakan 290 ]
    if penentuan-pakan = "rucah-pelet"
      [ set LPH 0.0205
        set harga-perjenis-pakan 290 ]
  ]
end
```

Gambar 4. 18 Prosedur Penentuan Pakan

Penentuan-bibit merupakan prosedur untuk melihat pengaruh pemilihan pakan pada *chooser*. Kondisi eksisting simulasi menggunakan pakan biasa sedangkan opsi lainnya menggunakan bibit unggul. Berikut adalah bahasa pemrograman dari prosedur ini.

```

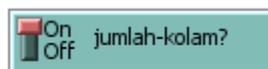
;untuk jenis bibit-----
to go-penentuan-bibit
  ask petani-tambak [
    if penentuan-bibit = "biasa"
      [ set survival-rate 0.8
        set biaya-bibit 0.9 ]
    if penentuan-bibit = "unggul"
      [ set survival-rate 0.9
        set biaya-bibit 1.7
        set LPH 0.0201 ]
  ]
end

```

Gambar 4. 19 Prosedur Penentuan Bibit

4.3.3.4. Fitur *Switch*

Fitur *switch* digunakan untuk menentukan kondisi “on” dan “off” pada model simulasi. Untuk model ini, *switch* digunakan untuk menentukan jumlah kolam yang dimiliki per *patches*. Kondisi eksisting yaitu tiap petani tambak memiliki dua kolam sehingga dibuat dalam kondisi “on” sedangkan kondisi “off” diberikan untuk opsi satu kolam per petani. Berikut adalah tampilan muka *switch* dan bahasa pemrogramannya.



Gambar 4. 20 Fitur Switch

```

to go-tebar-bibit
  ifelse jumlah-kolam?
  [
    ;menginisiasi petani untuk menebar bibit dan ikan bisa mulai berkembang dengan 2 kolam
    ask petani-tambak [
      if ukuran-ikan < 2000; and ingin-pakan = 0 ;ukuran-minimal-panen
      [ set count-down count-down - 1
        if count-down = 0 or ukuran-ikan > 1200 ;or ukuran-ikan = ukuran-minimal-panen
        [ melakukan-panen
          reset-count-down ]
        set populasi-ikan (populasi-ikan + bibit)
        set bibit 0
        if bibit = 0
        [set heading 90
          fd (0.3 / waktu-panen) ]
        set ukuran-ikan (ukuran-ikan + (ukuran-ikan * LPH ))
        set biaya-pakan (biaya-pakan + (harga-perjenis-pakan * 2))
        set biaya-karyawan ( biaya-karyawan + 120 )
        set biaya-solar ( biaya-solar + 108 )
        set biaya-pengerukkan 20000
        ikan-per-tahap
      ]

      if ukuran-ikan >= 5.7 and ukuran-ikan <= 6.3 and ingin-pakan = 0
      [ set pcolor 96 ]
    ]
  ]
[go-satu-kolam]
end

```

Gambar 4. 21 Prosedur go-tebar-bibit yang Mencantumkan *Switch* Jumlah Kolam

4.3.3.5. Fitur *Monitor*

Fitur *monitor* digunakan untuk menampilkan perkembangan input dan menampilkan output pada kondisi tertentu. Pada model ini, *monitor* digunakan untuk menampilkan rata-rata-ukuran ikan, rata-rata pendapatan, rata-rata terjual, total terjual, total berat, frekuensi panen dan jumlah petani tambak.

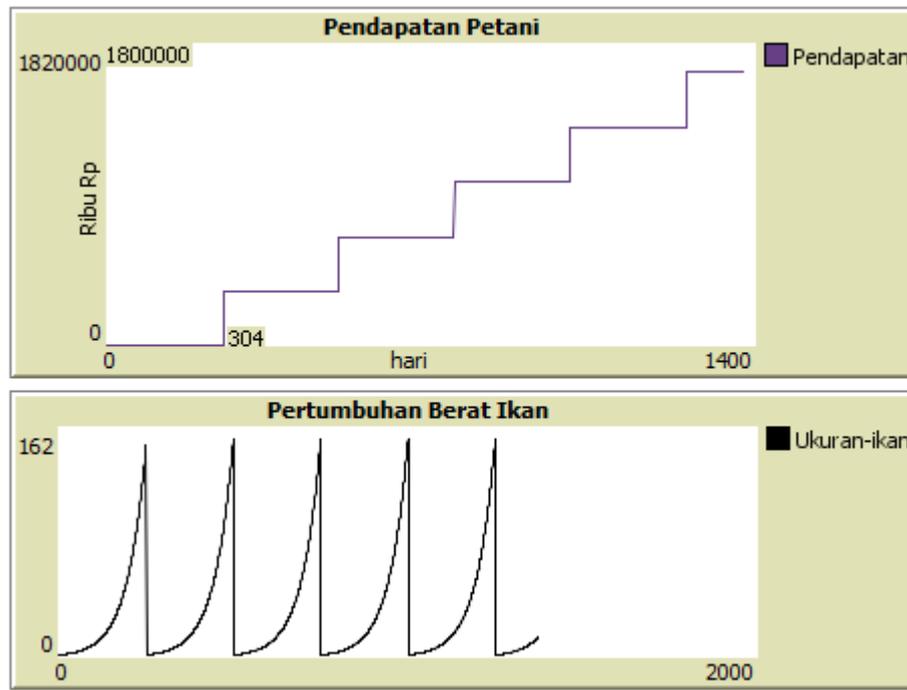
Rata-rata ukuran ikan (gram)	52.144647641928955								
Rata-rata Pendapatan (x1000)	262697.5550683016								
Rata-rata Terjual (ekor)	8000	Total Terjual	360000	Total Berat (kg)	234084.777534	Panen	1	Petani	45

Gambar 4. 22 Fitur Monitor

4.3.3.6. Fitur *Plot*

Fitur *plot* digunakan sebagai tampilan grafis untuk melihat perkembangan operasi simulasi input ke output. *Plot* yang digunakan pada model ini adalah

melihat pertumbuhan berat ikan dan pendapatan yang didapatkan oleh petani tambak.



Gambar 4. 23 Fitur Plot

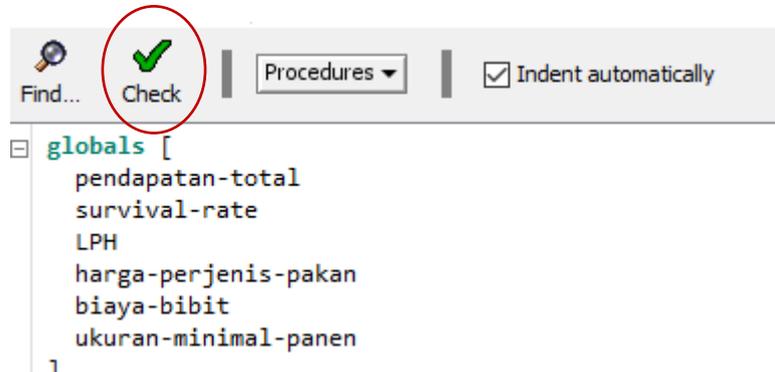
4.4. Verifikasi dan Validasi Model

Subbab ini membahas mengenai proses verifikasi dan validasi dari model simulasi. Verifikasi model dilakukan dengan pengecekan logika pemrograman dan kesesuaian dengan algoritma sedangkan validasi dilakukan dengan membandingkan dengan data eksisting berupa pendapatan petani tambak.

4.4.1. Verifikasi Model Agent-based

Proses verifikasi model *agent-based* dilakukan dengan pengecekan logika pemrograman pada *software* NetLogo. Namun sebelum itu, perlu juga dilakukan pengecekan terhadap kesesuaian pada algoritma. Pada penjelasan fitur-fitur dari model simulasi di bagian sebelumnya, sudah dijelaskan bagaimana program berjalan dan sudah sesuai dengan algoritma. Berikutnya adalah memastikan logika

pemrograman yang diberikan sudah diterima oleh program dan dapat dijalankan. Pengecekan logika bahasa pemrograman bisa dilihat pada gambar berikut.



Gambar 4. 24 Tombol *Check*

Apabila tombol *check* dipencet dan tidak ada notifikasi atau komen apapun, maka dapat disimpulkan bahwa bahasa pemrograman tidak memiliki error dan model simulasi telah terverifikasi secara program sehingga dapat dijalankan. Setelah terverifikasi, maka dapat dilanjutkan dengan proses validasi model.

4.4.2. Validasi Model Agent-based

Proses validasi model dilakukan dengan membandingkan output produksi dan pendapatan dari *running simulasi* selama satu tahun dengan data eksisting yang didapatkan dari proses pengumpulan data sebelumnya. Berikut adalah perbandingan data aktual produksi dengan data hasil simulasi dan data perbandingan data pendapatan.

Tabel 4. 4 Perbandingan Produksi dengan Hasil Simulasi

Tahun	Aktual (kg)	Simulasi (kg)	Selisih
2010	133600	234331.53	-100731.53
2011	133600	234331.53	-100731.53
2012	251390	234331.53	17058.47
2013	301310	234331.53	66978.47
2014	306600	234331.53	72268.47

Tabel 4. 4 Perbandingan Produksi dengan Hasil Simulasi (lanjutan)

Tahun	Aktual (kg)	Simulasi (kg)	Selisih
2015	335773	234331.53	101441.47
2016	646060	234331.53	411728.47

Dari tabel 4.4 dilakukan analisis menggunakan metode *Analysis of Variance* (ANOVA) untuk mengetahui signifikansi perbedaan antara data aktual dengan data simulasi dengan bantuan *software* Ms. Excel. Berikut adalah hasil analisis ANOVA.

Tabel 4. 5 Hasil Analisis ANOVA

Anova: Single
Factor

SUMMARY

Groups	Count	Sum	Average	Variance
Aktual (kg)	7	2108333	301190.42	29802239
Simulasi (kg)	7	1640320.681	234331.52	9.88205E-22

ANOVA

Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Between Groups	15645395.079	1	15645395.079	1.049947596	0.325732182	4.747225347
Within Groups	1.78813E+11	12	14901119.957			
Total	1.94459E+11	13				

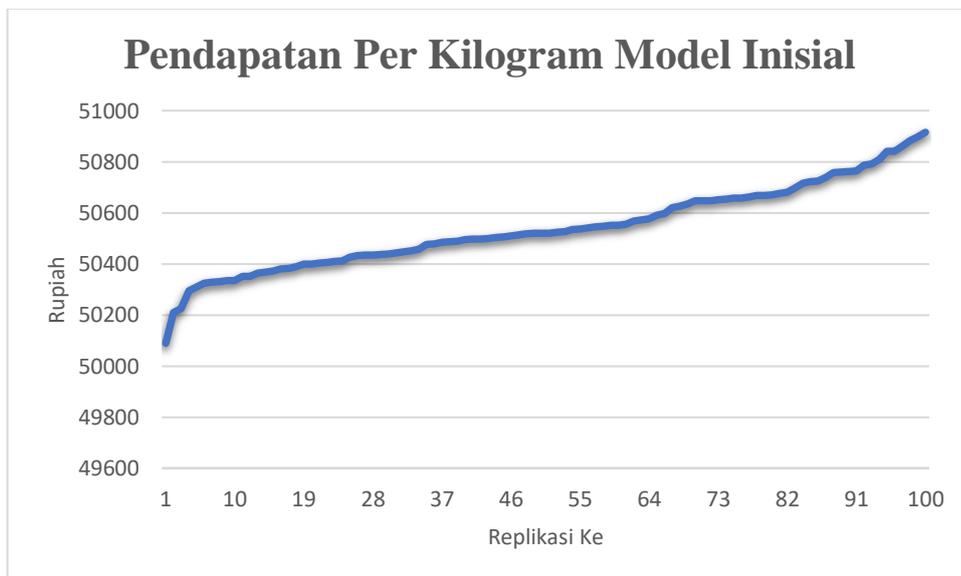
Berdasarkan Tabel 4.5 di atas, didapatkan nilai F sebesar 1,048847596, nilai F_{crit} sebesar 4.747225347 dan P -value sebesar 0.325732182. Dikarenakan nilai $F_{crit} >$ dari F dan nilai P -value lebih besar dari alpha (0.05) maka disimpulkan bahwa tidak ada perbedaaan signifikan antara data simulasi dan aktual dan model yang dibuat valid secara total produksi.

Selanjutnya adalah perbandingan hasil pendapatan per petani tambak aktual dengan pendapatan hasil simulasi. Didapatkan pendapatan aktual sebesar Rp. 255.280.000,00 setiap panen sedangkan pendapatan hasil simulasi adalah Rp.

263.191.051,60 untuk tiap orang sekali panen. Meskipun masih ada sedikit perbedaan, namun masih rasional sehingga dapat disimpulkan bahwa dari segi pendapatan, model simulasi yang dibuat telah valid.

4.5. Hasil Simulasi

Pada bagian ini ditampilkan hasil *running* simulasi dengan kondisi *tick* berhenti saat satu tahun. Waktu panen yang dilakukan adalah 250 hari dengan jumlah petani tambak 45 orang. Berikut adalah hasil *running* model simulasi dengan menggunakan 100 replikasi yang direpresentasikan dengan pendapatan per kilogram.



Gambar 4. 25 Grafik Pendapatan Per Kilogram Model Inisial

Dari hasil *running* model simulasi di atas, kemudian dilakukan perhitungan rata-rata, standar deviasi dan variansi dari data replikasi dan pendapatan per kilogram.

Tabel 4. 6 Rekapitulasi Pendapatan dan Produksi

Aspek	Pendapatan Per Petani (juta rupiah/tahun)	Total Produksi (kg/tahun)	Pendapatan Per Kilogram (Rp/Kg/tahun)
Mean	263191.0516	234331.5258	50541.38
St.dev	1949.687708	974.8438538	164.0424
Variansi	3801282.157	950320.5393	26909.92

Didapatkan rata-rata pendapatan per petani adalah Rp. 263.191.051,00 setiap panen pada hari ke 250 dengan total produksi mencapai 234 ton lebih. Untuk pendapatan per kilogram didapatkan rata-rata sebesar Rp. 50.541,38 dengan standar deviasi 164,0424. Selanjutnya data dari pendapatan dan total produksi akan digunakan sebagai input dalam melakukan perancangan skenario.

BAB 5

PERANCANGAN SKENARIO DAN ANALISIS

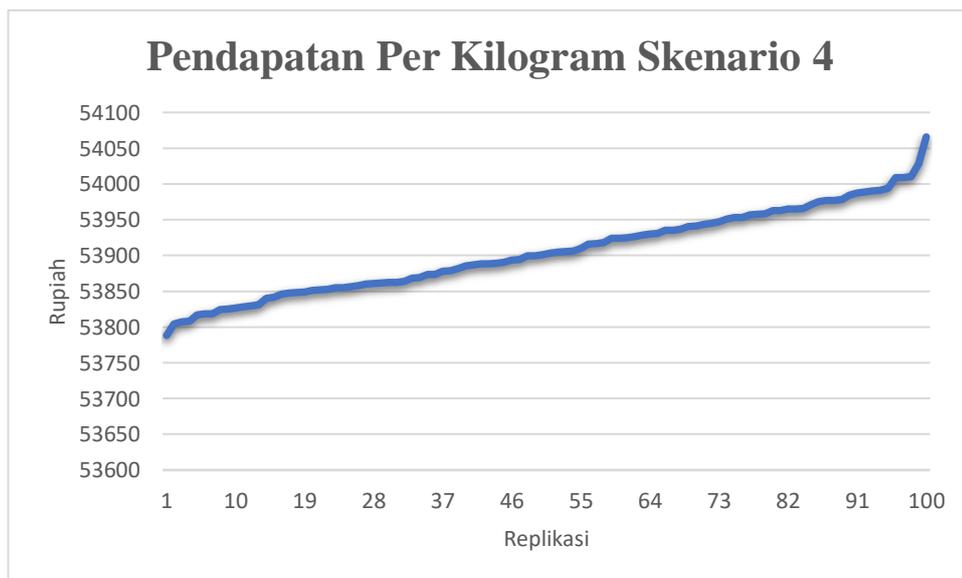
Pada bab ini dibahas mengenai perancangan skenario dari hasil simulasi yang ada dan analisis. Bagian ini berisikan mengenai perancangan skenario pengembangan, uji signifikansi (*paired t-test*) dan pemilihan skenario.

5.1. Perancangan Skenario Pengembangan

Perancangan skenario pengembangan dilakukan sebagai bentuk masukan dengan tujuan untuk mengembangkan budidaya ikan kerapu eksisting berdasarkan perilaku para petani tambak. Dalam merancang skenario pengembangan, dibatasi yang menjadi skenario adalah pemberian pakan dan pemberian bibit. Berikut adalah beberapa rancangan skenario dari model simulasi.

5.1.1. Skenario 4 Pakan Jenis Pelet-Rucah

Rancangan skenario 4 adalah pemberian pakan jenis pelet di pagi hari dan rucah di sore hari. Potensi dampak yang diberikan oleh pemberian pakan jenis ini adalah tingkat LPH menjadi 0.205 dengan pengeluaran pakan perharinya sejumlah Rp. 290.000,00. Berikut adalah hasil *running* simulasi untuk skenario 4.



Gambar 5. 1 Pendapatan Per Kilogram Skenario 4

Berdasarkan Gambar 5.1 di atas didapatkan nilai pendapatan per kilogram untuk skenario 4. Selanjutnya disajikan dalam bentuk tabel di bawah terkait dengan nilai *mean*, standar deviasi dan variansi dari hasil *running* skenario 4.

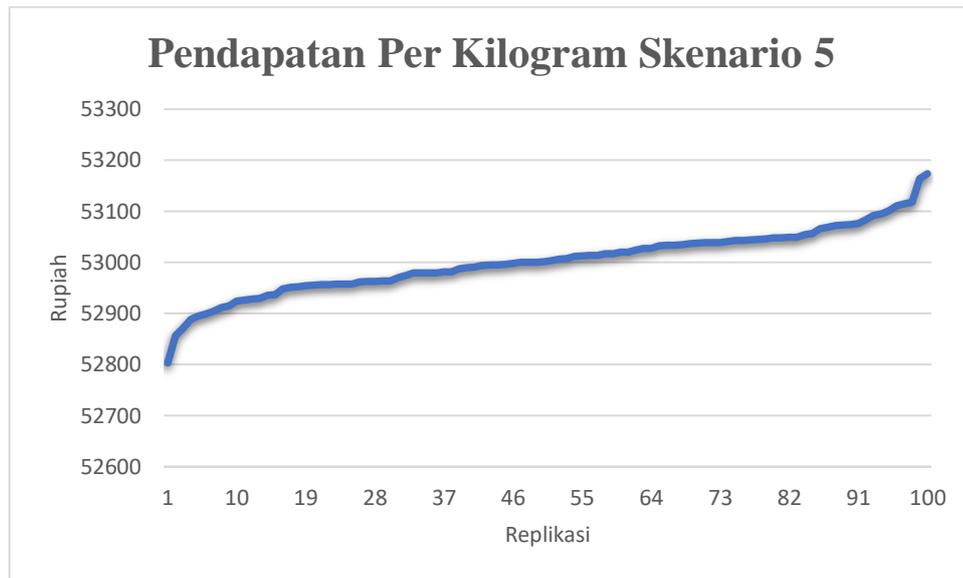
Tabel 5. 1 Rekapitulasi Hasil Running Skenario 4

Aspek	Pendapatan Per Petani (juta/lima tahun)	Total Produksi (kg/lima tahun)	Pendapatan Per Kilogram (Rp/Kg/lima tahun)
Mean	2884187.531	2407690	53905.7
St.dev	7923.201653	3961.601	59.36961

Dari hasil *running* pada Tabel 5.4 di atas didapatkan nilai *mean* dari rata-rata pendapatan adalah Rp. 2.884.188.000,00 dan nilai *mean* dari total produksi adalah 2.407.690,00 kg atau setara dengan 2.407,69 Ton. Untuk standar deviasi dari rata-rata pendapatan adalah Rp. 7.923.202,00 dan standar deviasi dari produksi adalah 3.961,601 kg. Untuk pendapatan per kilogram didapatkan rata-rata sebesar Rp. 53.905,70 dengan standar deviasi 59,36961.

5.1.2. Skenario 5 Pakan Jenis Rucuh-Pelet

Skenario 5 adalah pemberian pakan jenis pelet kepada ikan budidaya di sore hari dan ikan rucuh di pagi hari. Laju pertumbuhan harian dari skenario ini adalah 0.0204 dengan harga pakan per harinya sekitar Rp. 290.000,00. Dilakukan *running* model simulasi dengan 100 replikasi selama lima tahun untuk mengetahui rata-rata pendapatan dan hasil produksi per kg. Berikut adalah hasil *running* model simulasi untuk skenario 5.



Gambar 5. 2 Pendapatan Per Kilogram Skenario 5

Berdasarkan Gambar 5.3 di atas didapatkan nilai pendapatan per kilogram untuk skenario 5. Selanjutnya disajikan dalam bentuk tabel di bawah terkait dengan nilai *mean*, standar deviasi dan variansi dari hasil *running* skenario 5.

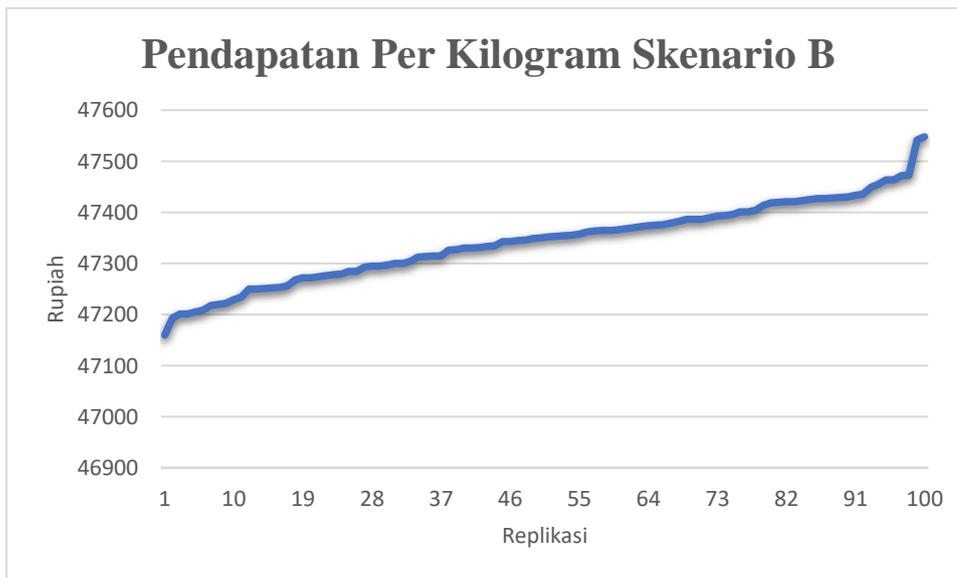
Tabel 5. 2 Rekapitulasi Hasil *Running* Skenario 5

Aspek	Pendapatan Per Petani (juta/lima tahun)	Total Produksi (kg/lima tahun)	Pendapatan Per Kilogram (Rp/Kg/lima tahun)
Mean	2766649.611	2348920.806	53002.63
St.dev	8061.462542	4030.731228	63.50125

Dari hasil *running* pada tabel 5.2 di atas didapatkan nilai *mean* dari rata-rata pendapatan adalah Rp. 2.766.649.611,00 dan nilai *mean* dari total produksi adalah 2.348.920,806 kg atau setara dengan 2.348,93 Ton. Untuk standar deviasi dari rata-rata pendapatan adalah Rp. 8.061.462,25 dan standar deviasi dari produksi adalah 4.030,731228 kg. Untuk pendapatan per kilogram didapatkan rata-rata sebesar Rp. 53.002,63 dengan standar deviasi 63,50125.

5.1.3. Skenario B Bibit Jenis Unggul

Skenario B adalah pemberian bibit jenis bunggul untuk budidaya. Dampak dari penggunaan bibit ini adalah SR sejumlah 90% dengan biaya Rp. 1.700,00 per cm. Dilakukan *running* model simulasi dengan 100 replikasi selama lima tahun untuk mengetahui rata-rata pendapatan dan hasil produksi per kg. Berikut adalah hasil *running* model simulasi untuk skenario B.



Gambar 5. 3 Pendapatan Per Kilogram Skenario B

Berdasarkan Gambar 5.3 di atas didapatkan nilai pendapatan per kilogram untuk skenario B. Selanjutnya disajikan dalam bentuk tabel di bawah terkait dengan nilai *mean*, standar deviasi dan variansi dari hasil *running* skenario B.

Tabel 5. 3 Rekapitulasi Hasil Running Skenario B

Aspek	Pendapatan Per Petani (juta/lima tahun)	Total Produksi (kg/lima tahun)	Pendapatan Per Kilogram (Rp/Kg/lima tahun)
Mean	1972789.281	1875130.641	47343.5
St.dev	6919.756508	3459.878213	78.71036

Dari hasil *running* pada tabel 5.3 di atas didapatkan nilai *mean* dari rata-rata pendapatan adalah Rp. 1.972.789.000,00 dan nilai *mean* dari total produksi adalah

1.875.130,641 kg atau setara dengan 1.875,14 Ton. Untuk standar deviasi dari rata-rata pendapatan adalah Rp. 6.919.754,43 dan standar deviasi dari produksi adalah 3.459,878216 kg. Untuk pendapatan per kilogram didapatkan rata-rata sebesar Rp. 47.343,5 dengan standar deviasi 78,71036.

5.2. Uji Signifikansi (*Paired-t-test*)

Setelah dilakukan *running* model simulasi berdasarkan skenario yang digunakan sebagai input, selanjutnya perlu uji signifikansi untuk mengetahui mana skenario yang lebih baik bila dibandingkan dengan skenario lainnya. Uji yang digunakan adalah *paired t-test* untuk mengetahui *confidence interval* dari masing-masing skenario. Perlu diketahui bahwa dalam perbandingan skenario hanya dilakukan untuk *experimental factor* yang sejenis yaitu antara jenis pakan dan antara jenis bibit.

5.2.1. Perbandingan Skenario *Experimental Factor* Jenis Pakan

Berdasarkan lima jenis pakan yang dikelompokkan menjadi lima skenario, akan dilakukan perbandingan antara satu skenario dengan skenario lain untuk mengetahui mana skenario terbaik yang dapat digunakan dalam usaha meningkatkan pendapatan dari petani tambak budidaya ikan kerapu. Pendekatan yang dilakukan berdasarkan pendekatan *paired t-test* yang menguji *confidence interval* dengan asumsi nilai *alpha* 5% dan nilai *t* adalah 1.984 ($df = 99$).

5.2.1.1. Perbandingan Skenario 1 dan Skenario 4

Perbandingan skenario 1 dan skenario 4 dilakukan dengan menghitung *mean* pendapatan masing-masing dan *mean* selisih antar skenario. Kemudian dilakukan perhitungan standar deviasi dan variansi. Hasil akhirnya adalah nilai batas bawah dan nilai batas atas. Berikut adalah hasil perhitungan perbandingan antara skenario 1 dan skenario 4.

Tabel 5. 4 Perbandingan Skenario 1 dan Skenario 4

Aspek	Skenario 1	Skenario 4	Selisih (S1-S4)
Mean	1894560.331	2884187.531	-989627.1996
St. Dev	5367.743244	7923.201653	9695.17424
Variance	28812667.53	62777124.43	93996403.54
alpha	0.05	alpha/2	0.025
t	1.984	n-1	99
Batas Bawah	-991550.722	n	100
Batas Atas	-987703.677		

Berdasarkan tabel perbandingan skenario di atas, didapatkan nilai batas bawah sebesar – 991.550,722 juta dan batas atas sebesar – 987.703,677 juta. Karena nilai hasil akhirnya berada dalam nilai negatif, maka dapat disimpulkan bahwa skenario 4 lebih baik dari skenario 1 dikarenakan memberikan keuntungan yang lebih tinggi.

5.2.1.2. Perbandingan Skenario 2 dan Skenario 4

Perbandingan skenario 2 dan skenario 4 dilakukan dengan menghitung *mean* pendapatan masing-masing dan *mean* selisih antar skenario. Kemudian dilakukan perhitungan standar deviasi dan variansi. Hasil akhirnya adalah nilai batas bawah dan nilai batas atas. Berikut adalah hasil perhitungan perbandingan antara skenario 2 dan skenario 4.

Tabel 5. 5 Perbandingan Skenario 2 dan Skenario 4

Aspek	Skenario 2	Skenario 4	Selisih (S2-S4)
Mean	2042971.84	2884187.531	-841215.6909
St. Dev	4745.956733	7923.201653	9507.38437
Variance	22524105.31	62777124.43	90390357.56
alpha	0.05	alpha/2	0.025
t	1.984	n-1	99
Batas Bawah	-843101.956	n	100
Batas Atas	-839329.426		

Berdasarkan tabel perbandingan skenario di atas, didapatkan nilai batas bawah sebesar - 843.101,956 juta dan batas atas sebesar - 839.329,426 juta. Karena nilai hasil akhirnya berada dalam nilai negatif, maka dapat disimpulkan bahwa skenario 4 lebih baik dari skenario 2 dikarenakan memberikan keuntungan yang lebih tinggi.

5.2.1.3. Perbandingan Skenario 3 dan Skenario 4

Perbandingan skenario 3 dan skenario 4 dilakukan dengan menghitung *mean* pendapatan masing-masing dan *mean* selisih antar skenario. Kemudian dilakukan perhitungan standar deviasi dan variansi. Hasil akhirnya adalah nilai batas bawah dan nilai batas atas. Berikut adalah hasil perhitungan perbandingan antara skenario 3 dan skenario 4.

Tabel 5. 6 Perbandingan Skenario 3 dan Skenario 4

Aspek	Skenario 3	Skenario 4	Selisih (S3-S4)
Mean	1944323.892	2884187.531	-939863.6385
St. Dev	8066.309131	7923.201653	11801.91216
Variance	65065343	62777124.43	139285130.7
alpha	0.05	alpha/2	0.025
t	1.984	n-1	99
Batas Bawah	-942205.138	n	100
Batas Atas	-937522.139		

Berdasarkan tabel perbandingan skenario di atas, didapatkan nilai batas bawah sebesar - 942.205,138 juta dan batas atas sebesar - 937.522,139 juta. Karena nilai hasil akhirnya berada dalam nilai negatif, maka dapat disimpulkan bahwa skenario 4 lebih baik dari skenario 3 dikarenakan memberikan keuntungan yang lebih tinggi.

5.2.1.4. Perbandingan Skenario 4 dan Skenario 5

Perbandingan skenario 4 dan skenario 5 dilakukan dengan menghitung *mean* pendapatan masing-masing dan *mean* selisih antar skenario. Kemudian dilakukan perhitungan standar deviasi dan variansi. Hasil akhirnya adalah nilai batas bawah dan nilai batas atas. Berikut adalah hasil perhitungan perbandingan antara skenario 4 dan skenario 5.

Tabel 5. 7 Perbandingan Skenario 4 dan Skenario 5

Aspek	Skenario 4	Skenario 5	Selisih (S4-S5)
Mean	2884187.531	2766649.611	117537.9193
St. Dev	7923.201653	8061.462542	11516.25912
Variance	62777124.43	64987178.32	132624224.1
alpha	0.05	alpha/2	0.025
t	1.984	n-1	99
Batas Bawah	115253.0935	n	100
Batas Atas	119822.7451		

Berdasarkan tabel perbandingan skenario di atas, didapatkan nilai batas bawah sebesar 115.253,0935 juta dan batas atas sebesar 119.822,7451 juta. Karena nilai hasil akhirnya berada dalam nilai positif, maka dapat disimpulkan bahwa skenario 4 lebih baik dari skenario 3 dikarenakan memberikan keuntungan yang lebih tinggi.

5.2.2. Perbandingan Skenario *Experimental Factor* Jenis Bibit

Perbandingan antara skenario jenis bibit biasa dan jenis bibit unggul dilakukan untuk mengetahui mana jenis bibit yang lebih menguntungkan untuk petani tambak. Pendekatan yang dilakukan berdasarkan pendekatan *paired t-test* yang menguji *confidence interval* dengan asumsi nilai *alpha* 5% dan nilai t adalah 1.984 (df = 99).

5.2.2.1. Perbandingan Skenario A dan Skenario B

Perbandingan skenario 4 dan skenario 5 dilakukan dengan menghitung *mean* pendapatan masing-masing dan *mean* selisih antar skenario. Kemudian dilakukan perhitungan standar deviasi dan variansi. Hasil akhirnya adalah nilai batas bawah dan nilai batas atas. Berikut adalah hasil perhitungan perbandingan antara skenario 4 dan skenario 5.

Tabel 5. 8 Perbandingan Skenario A dan Skenario B

Aspek	Skenario A	Skenario B	Selisih (SA-SB)
Mean	1892969.742	1972789.281	-79819.5389
St. Dev	5635.183731	6919.756432	8729.677362
Variance	31755295.68	47883029.07	76207266.84
alpha	0.05	alpha/2	0.025
t	1.984	n-1	99
Batas Bawah	-81551.5069	n	100
Batas Atas	-78087.571		

Berdasarkan tabel perbandingan skenario di atas, didapatkan nilai batas bawah sebesar – 81.551,5069 juta dan batas atas sebesar - 78.087,571 juta. Karena nilai hasil akhirnya berada dalam nilai positif, maka dapat disimpulkan bahwa skenario B lebih baik dari skenario A dikarenakan memberikan keuntungan yang lebih tinggi.

5.3. Pemilihan Skenario

Pemilihan skenario dapat dilakukan setelah melihat perbandingan antar skenario dari jenis pakan dan jenis bibit. Pemilihan skenario dipilih berdasarkan nilai *confidence interval* terbaik serta skenario yang memberikan pendapatan paling besar terhadap petani tambak. Berikut adalah rekapitulasi batas bawah dan batas atas untuk dilakukan pemilihan skenario.

Tabel 5. 9 Rekapitulasi Perbandingan Skenario

Perbandingan	Batas Bawah	Batas Atas	Kesimpulan
S1 dan S4	-991550.7221	-987703.677	S1 < S4
S2 dan S4	-843101.9559	-839329.4258	S2 < S4
S3 dan S4	-942205.1379	-937522.1391	S3 < S4
S4 dan S5	115253.0935	119822.7451	S4 > S5
SA dan SB	-81551.50693	-78087.57095	SA < SB

Kemudian berikut ini dilakukan perbandingan pemilihan skenario mana yang paling baik untuk diterapkan oleh petani tambak selanjutnya.

Tabel 5. 10 Pemilihan Skenario Terbaik dari Perbandingan Jenis Pakan

Skenario	4	5
1	S1 < S4	S1 < S5
2	S2 < S4	S2 < S5
3	S3 < S4	S3 < S5
4		S4 > S5
5		

Berdasarkan Tabel 5.10 di atas, bisa dilihat bahwa skenario 4 mendominasi skenario lainnya dengan memiliki kuantitas lebih baik terbesar dari keseluruhan. Dari bukti tersebut dapat disimpulkan bahwa skenario 4 adalah skenario terbaik yang dapat diterapkan oleh petani tambak untuk mendapatkan hasil yang maksimum. Skenario 4 yaitu berupa pemberian pakan pelet pada pagi hari dan rucah pada sore hari merupakan perilaku pemberian pakan yang akan memberikan pendapatan lebih besar untuk petani tambak budidaya ikan kerapu per orang.

Tabel 5. 11 Pemilihan Skenario Terbaik dari Perbandingan Jenis Bibit

Skenario	A	B
A		SA < SB
B		

Berdasarkan Tabel 5.11 di atas, terlihat bahwa skenario B lebih baik daripada skenario A karena memberikan nilai pendapatan yang lebih besar. Dari bukti tersebut dapat disimpulkan bahwa skenario B yaitu penggunaan jenis unggul direkomendasikan untuk digunakan petani tambak dalam proses budidaya ikan kerapu berikutnya.

5.4. Perancangan Model untuk Lokasi Lain

Model simulasi yang telah dibuat telah memberikan contoh bahwa budidaya ikan kerapu dapat diterapkan di lokasi lain dengan beberapa pertimbangan. Dikarenakan ikan kerapu merupakan jenis ikan laut, maka perlu diperhatikan bahwa proses budidaya tambak harus dekat dengan pantai. Sedangkan dari aspek teknis dapat diketahui bahwa berbudidaya ikan kerapu mampu menghasilkan pendapatan hingga 250 juta rupiah untuk kepemilikan dua buah kolam dengan masing-masing ukuran 3000 m². Perilaku yang sebaiknya dilakukan petani terhadap ikan kerapu budidayanya berdasarkan skenario terpilih adalah memberikan pakan dua kali sehari, memberi makan pelet di pagi hari dan memberi makan ikan rucah di sore hari. Secara ilmiah pemberian ikan rucah di sore hari akan lebih baik karena ikan kerapu mudah mencerna gizi di saat malam hari. Kebutuhan lain yang perlu disiapkan adalah jumlah bibit dengan rekomendasi 5.000 ekor per kolam, dengan kepemilikan kolam berkapasitas 3.000 m², kebutuhan biaya untuk bahan bakar solar, biaya pekerja dan biaya pengeruukan kolam Selain itu direkomendasikan pula untuk menggunakan jenis bibit unggul sebagai awal untuk melakukan budidaya.

(halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB 6

KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini menjelaskan mengenai kesimpulan dari tujuan penelitian yang telah ditentukan sebelumnya serta pemberian saran dalam rangka mengembangkan penelitian yang sejenis.

6.1. Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat ditarik untuk menjawab tujuan penelitian ini terdiri atas sebagai berikut.

1. Agen yang terlibat dalam sistem budidaya ikan kerapu di Kecamatan Brondong tepatnya pada Kelompok Bakti Usaha II di Desa Labuhan terdiri atas petani tambak beserta atribut dan perilaku yang akan memberikan dampak terhadap agen ikan kerapu sebagai objek budidaya. Petani tambak berjumlah 45 orang mampu menghasilkan pendapatan bersih Rp. 263.191.051,60 dari budidaya ikan kerapu sejumlah bibit 10.000 ekor dengan tingkat *survival rate* 80%. Perilaku yang diberikan petani tambak berupa pemilihan jenis pakan dua kali sehari dengan menggunakan ikan rucah dari pasar ikan Lamongan, pemilihan bibit berupa bibit biasa, jumlah bibit awal sejumlah 10.000 ekor, kepemilikan kolam sejumlah dua buah kolam masing-masing berukuran 3000 m² untuk kapasitas 5000 ekor ikan, luas kolam total sebesar 6000 m², serta harga jual sebesar Rp. 90.000,00 per kg yang berdampak pada perkembangan berat sebesar 1.9%. Interaksi yang terjadi antara agen petani tambak dan agen kerapu di atas menentukan jumlah ikan yang hidup dan dapat dipanen sehingga petani dapat menghasilkan produksi ikan dan pendapatan sebagai bentuk *emergent behavior* ABM.
2. Terdapat lima skenario dari *experimental factor* jenis pakan dan dua skenario dari *experimental factor* jenis bibit yang dibandingkan dengan satu sama lain. Skenario 1 adalah penggunaan pakan jenis ikan rucah lamongan, skenario 2 adalah penggunaan pakan jenis ikan rucah, skenario 3 adalah

penggunaan pakan jenis pelet, skenario 4 adalah penggunaan pakan jenis pelet di pagi hari dan ikan rucah di sore hari, skenario 5 adalah penggunaan pakan jenis ikan rucah di pagi hari dan pelet di sore hari. Dari kelima skenario pemilihan pakan ini dipilih skenario 4 sebagai skenario terbaik untuk meningkatkan pendapatan petani tambak dalam lima tahun dapat menghasilkan hingga Rp. 2.884.187.531,00. Adapula skenario A adalah penggunaan bibit biasa sedangkan skenario B penggunaan bibit unggul. Didapatkan bahwa skenario B dengan pendapatan hingga Rp. 1.972.780.281,00 dibandingkan dengan skenario A dengan pendapatan mencapai Rp. 1.892.969.742,00 dalam lima tahun. Pemilihan skenario ini juga jadi saran untuk budidaya ikan kerapu yang dapat direncanakan di lokasi lain dengan pertimbangan lokasi yang mendukung yaitu di dekat pantai dan penggunaan bibit yang baik seperti bibit unggul yang memiliki *survival rate* sebesar 90% meskipun dengan harga lebih mahal dari yang biasa yaitu Rp. 1.700,00 per cm.

6.2. Saran

Adapula saran yang dapat diberikan untuk penelitian berikutnya yang memiliki kaitan dengan budidaya ikan kerapu adalah sebagai berikut.

1. Menganalisis efektivitas waktu panen 8 bulan dan waktu yang lain untuk mengetahui waktu panen paling optimal dan menghasilkan produksi yang menguntungkan.
2. Menambah jenis agen seperti pengepul, perusahaan kontrak, pemerintah dan elemen lain dalam rangka melihat pemenuhan permintaan serta dampak dari perilaku terhadap sistem pemenuhan permintaan tersebut.
3. Mengidentifikasi lebih dalam perilaku dari ikan kerapu dengan tujuan mengetahui dampak interaksi antar ikan selama masa hidup di kolam budidaya.
4. Untuk lebih mudah mengetahui *emergent behaviour*, maka perlu menggali lebih dalam mengenai identifikasi interaksi antar agen baik secara langsung dan secara tidak langsung.

5. Dikarenakan sistem budidaya ikan termasuk sistem sains sosial yang luas, maka perlu melakukan frekuensi pengamatan yang lebih sering serta membuat batasan sistem yang dimodelkan menjadi lebih spesifik untuk menambah tingkat valid dari model yang akan dibuat berikutnya.
6. Untuk melihat kontribusi dari budidaya ikan kerapu ini, perlu mempertimbangkan dampak pendapatan petani terhadap perekonomian daerah dan negara.

(halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pusat Statistik Kabupaten Lamongan. (2017). *Lamongan Dalam Angka 2017*. Retrieved September 11, 2017, from <https://lamongankab.bps.go.id/>
- Bata, J. (2012). Simulasi Berbasis Agent-Based Modelling (ABM) menggunakan Netlogo. *Seminar Nasional Teknologi Informasi dan Komunikasi 2012 (SENTIKA 2012)*, 1(I), 75-74.
- Harrell, C., Ghost, B. K., & Bowden, R. O. (2004). *Simulation Using Promodel* (2nd ed.). New York, United States of America: The McGraw-Hill Companies. Inc.
- Irwanto, Y. (2016). *BIG Serahkan Peta NKRI Kepada Kemenkokesra*. Retrieved September 11, 2016, from <http://www.bakosurtanal.go.id/berita-surta/show/big-serahkan-peta-nkri-kepada-kemenkokesra>
- Kementerian Dalam Negeri. (2016). *Kabupaten Lamongan*. Retrieved September 26, 2017, from <http://www.kemendagri.go.id/pages/profil-daerah/kabupaten/id/35/name/jawa-timur/detail/3524/lamongan>
- Kementerian Kelautan dan Perikanan. (2016). *Laporan Kinerja Direktorat Jenderal Perikanan Budidaya*. Jakarta.
- Maidstone, R. (2012). *Discrete Event Simulation, System Dynamic and Agent Based Simulation : Discussion and Comparison*. Manchester: The University of Manchester.
- North, M. J., & Macal, C. M. (2007). *Managing Business Complexity: Discovering Strategic Solution with Agent-based Modelling and Simulation*. New York: Oxford University Press.
- Prasetyo, A. E. (2014). *Strategi Pengembangan Usaha Budidaya Ikan Kerapu di Desa Labuhan Kecamatan Brondong Kabupaten Lamongan, Jawa Timur*. Universitas Brawijaya. Malang: Repository UB.
- Prihadi, D. J. (2003). *Pengaruh Jenis dan Waktu Pemberian Pakan terhadap Tingkat Kelangsungan Hidup dan Pertumbuhan Kerapu Macan (Ephinephelus fuscoguttatus) dalam Karamba Jaring Apung di Balai Budidaya Laut Lampung*. Bandung: Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Padjadjaran.
- Pusat Data, Statistik dan Informasi Kementerian Kelautan dan Perikanan. (2015). *Analisis Data Pokok KKP 2015*. Retrieved September 11, 2017, from statistik.kkp.go.id/sidatik-dev/Publikasi/src/analisisdatakkp2015.pdf

- Rahayu, A. P. (2017). Daya Dukung Lahan Tambak Budidaya Ikan Kerapu (*Ephinepelus spp*) di Kecamatan Brondong Kabupaten Lamongan. *Jurnal Grouper*, 8(1), 13-19.
- Ramadhan, F. (2013). *Pemodelan dan Simulasi Berbasis Agen Untuk Sistem Industri Kuliner*. Institut Teknologi Nasional, Teknik Industri. Bandung: Institut Teknologi Nasional.
- Rifai, U., & Horhoruw, D. A. (2016). Application of Commodities Diversification System for Grouper and Giant Trevally (*Caranx sp*) as Development Strategy Efforts in Fish Farming. *INDOAQUA - APA 2016* (pp. 1-8). Surabaya: Ministry of Marine Affairs & Fisheries.
- Robinson, S. (2004). *Simulation: The Practice of Model Development and Use*. England: Wiley.
- Sudaryanto. (2000). *Pembenihan dan Pembesaran Kerapu Bebek* (1st ed.). Jakarta: Penebar Swadaya.
- Suhana. (2017, Maret 14). *Ekonomi Perikanan Budidaya Kerapu*. Retrieved September 11, 11, from <http://suhana.web.id/2017/03/14/ekonomi-perikanan-budidaya-kerapu/>
- Sunyoto, P. (1994). *Pembesaran Ikan Kerapu dengan Jaring Apung* (1st ed.). Jakarta: Penebar Swadaya.
- Super Perikanan. (2014). *Klasifikasi Ikan Kerapu Macan*. Retrieved September 26, 2017, from <http://www.superperikanan.com/2016/02/klasifikasi-ikan-kerapu-macan.html>
- Susanto, M. R. (2016, Januari 8). *Punya Potensi Perikanan Tinggi, Cilacap Berambisi Jadi Minapolitan Ideal*. Retrieved Oktober 3, 2017, from http://kbr.id/berita/01-2016/punya_potensi_perikanan_tinggi__cilacap_berambisi_jadi_minapolitan_ideal/78158.html
- Tako, A. A., & Robinson, S. (2009). Comparing Model Development in Discrete Event Simulation and System Dynamics., *Winter Simulation Conference*, pp. 979-991. Texas.
- Upacaya. (2015, September 21). *Mengenal Ikan Kerapu*. Retrieved September 26, 2017, from <http://www.upacaya.com/mengenal-ikan-kerapu/>
- Yuwono, S. S. (2015, Juli 8). *Ikan Kerapu (Epinephelus sp)*. Retrieved September 26, 2017, from <http://darsatop.lecture.ub.ac.id/2015/07/ikan-kerapu-epinephelus-sp/>

Zainudhin, Z. (2017). *Jenis Ikan Laut Budidaya yang Menguntungkan*. Retrieved September 11, 2017, from <http://www.agrotani.com/jenis-ikan-laut-budidaya/>

(halaman ini sengaja dikosongkan)

LAMPIRAN

Replikasi Model Inisial

Replikasi	Rata-rata Pendapatan	Total Berat Ikan	Pendapatan Per Kg	Replikasi	Rata-rata Pendapatan	Total Berat Ikan	Pendapatan Per Kg
1	264565.4315	235018.7158	50657.43117	51	262761.6017	234116.8009	50505.8673
2	259267.8646	232369.9323	50208.96547	52	261632.4711	233552.2355	50410.39822
3	262410.7271	233941.3636	50476.24986	53	261123.6826	233297.8413	50367.22865
4	264838.2581	235155.129	50680.25376	54	262550.6193	234011.3096	50488.06353
5	261636.8293	233554.4146	50410.7676	55	261829.2292	233650.6146	50427.0675
6	266162.682	235817.341	50790.66976	56	260628.5959	233050.2979	50325.13118
7	262126.8392	233799.4196	50452.25426	57	261557.6517	233514.8258	50404.05586
8	264578.0684	235025.0342	50658.48887	58	263837.2617	234654.6309	50596.38812
9	262979.4894	234225.7447	50524.23694	59	260441.5753	232956.7877	50309.20544
10	265336.8951	235404.4475	50721.89758	60	263344.2302	234408.1151	50554.94924
11	263167.9299	234319.965	50540.11018	61	265537.3724	235504.6862	50738.61565
12	259449.5504	232460.7752	50224.51534	62	263292.0176	234382.0088	50550.5557
13	262932.5297	234202.2649	50520.27932	63	260944.6678	233208.3339	50352.01724
14	264528.4359	235000.218	50654.33437	64	261979.0229	233725.5115	50439.74857
15	261921.6327	233696.8163	50434.89105	65	260733.6818	233102.8409	50334.07417
16	261576.2028	233524.1014	50405.62861	66	264493.225	234982.6125	50651.3865
17	260933.8861	233202.9431	50351.10073	67	267021.8112	236246.9056	50861.96356
18	262844.3921	234158.1961	50512.8492	68	263139.6075	234305.8037	50537.72526
19	257874.4088	231673.2044	50089.29896	69	264434.1728	234953.0864	50646.44163
20	267450.5574	236461.2787	50897.44566	70	265040.3978	235256.1989	50697.14616
21	266764.5543	236118.2771	50840.64261	71	260698.9532	233085.4766	50331.11914
22	261308.6464	233390.3232	50382.93331	72	261373.8606	233422.9303	50388.46746
23	263554.2473	234513.1236	50572.61164	73	261503.084	233487.542	50399.42893
24	263773.5574	234622.7787	50591.03872	74	261950.1848	233711.0924	50437.30785
25	261504.1355	233488.0677	50399.5181	75	265259.6537	235365.8268	50715.45252
26	262624.3551	234048.1775	50494.28756	76	263102.8439	234287.4219	50534.62912
27	267667.1519	236569.576	50915.3461	77	262676.6471	234074.3236	50498.70033
28	261081.8358	233276.9179	50363.67386	78	261900.8173	233686.4087	50433.12894
29	261918.2224	233695.1112	50434.60236	79	262532.8035	234002.4017	50486.55941
30	260268.5009	232870.2505	50294.4559	80	267267.3802	236369.6901	50882.29419
31	260732.7268	233102.3634	50333.99291	81	261284.9666	233378.4833	50380.92343
32	262653.973	234062.9865	50496.78705	82	262935.5018	234203.7509	50520.52982
33	265375.3044	235423.6522	50725.10169	83	265762.6871	235617.3436	50757.38798
34	262800.8221	234136.411	50509.17515	84	263238.1617	234355.0809	50546.02287
35	266402.6461	235937.3231	50810.60902	85	263596.1044	234534.0522	50576.12994
36	262018.0113	233745.0056	50443.04786	86	265785.4504	235628.7252	50759.28352
37	263240.1782	234356.0891	50546.19261	87	262180.7296	233826.3648	50456.81158

38	262901.5649	234186.7824	50517.66925	88	261193.5413	233332.7707	50373.16158
39	265820.9002	235646.4501	50762.23513	89	264623.4432	235047.7216	50662.28621
40	262504.9614	233988.4807	50484.20858	90	264715.5813	235093.7906	50669.99483
41	264780.1168	235126.0584	50675.39233	91	264125.9191	234798.9596	50620.60915
42	266761.2529	236116.6265	50840.36885	92	266115.5217	235793.7609	50786.7487
43	263313.2552	234392.6276	50552.3429	93	264703.7442	235087.8721	50669.00467
44	260673.6742	233072.8371	50328.96791	94	262729.7232	234100.8616	50503.17826
45	265836.5583	235654.2792	50763.53872	95	264443.9446	234957.9723	50647.25998
46	264445.3191	234958.6596	50647.37509	96	264690.4419	235081.221	50667.89188
47	262065.8444	233768.9222	50447.09488	97	262932.5607	234202.2803	50520.28193
48	263001.568	234236.784	50526.09738	98	264297.0727	234884.5364	50634.95646
49	263496.1081	234484.0541	50567.72373	99	262663.9509	234067.9755	50497.62903
50	262427.2448	233949.6224	50477.64512	100	264197.1412	234834.5706	50626.58077

Replikasi Skenario 4

Replikasi	Rata-rata Pendapatan (juta)	Total Berat (kg)	Pendapatan Per Kg	Replikasi	Rata-rata Pendapatan (juta)	Total Berat (kg)	Pendapatan Per Kg
1	2874255.519	2402724	53831.19798	51	2887382.773	2409287.386	53929.73273
2	2877642.723	2404417	53856.67423	52	2888780.371	2409986.185	53940.19165
3	2881698.034	2406445	53887.12836	53	2895553.124	2413372.562	53990.78975
4	2875577.629	2403385	53841.14627	54	2870674.893	2400933.447	53804.22783
5	2886944.968	2409068	53926.45515	55	2884721.549	2407956.775	53909.80065
6	2890546.14	2410869	53953.3971	56	2882639.547	2406915.774	53894.19149
7	2891849.952	2411521	53963.14158	57	2879229.885	2405210.943	53868.59943
8	2868538.497	2399865	53788.11682	58	2881877.833	2406534.916	53888.47742
9	2878259.47	2404726	53861.30912	59	2887272.699	2409232.349	53928.90873
10	2877411.732	2404302	53854.93801	60	2888137.649	2409664.825	53935.38257
11	2892080.111	2411636	53964.86121	61	2882557.48	2406874.74	53893.57595
12	2900585.164	2415889	54028.29143	62	2876381.481	2403786.741	53847.1922
13	2876618.189	2403905	53848.97217	63	2898156.108	2414674.054	54010.19845
14	2878594.99	2404893	53863.83007	64	2885786.611	2408489.306	53917.7804
15	2881462.055	2406327	53885.35765	65	2897944.126	2414568.063	54008.61863
16	2880544.422	2405868	53878.47032	66	2872338.347	2401765.173	53816.76238
17	2893511.167	2412352	53975.54958	67	2878439.075	2404815.538	53862.65862
18	2891130.923	2411161	53957.76831	68	2872541.297	2401866.649	53818.29104
19	2885516.895	2408354	53915.75994	69	2882152.67	2406672.335	53890.53934
20	2871178.219	2401185	53808.02145	70	2887527.533	2409359.767	53930.8163
21	2889399.721	2410296	53944.82462	71	2871076.969	2401134.485	53807.25837
22	2872536.221	2401864	53818.25281	72	2895097.94	2413144.97	53987.3936
23	2881005.002	2406099	53881.92754	73	2884040.498	2407616.249	53904.69618
24	2884290.613	2407741	53906.57095	74	2890968.505	2411080.253	53956.55435

Replikasi	Rata-rata Pendapatan (juta)	Total Berat (kg)	Pendapatan Per Kg	Replikasi	Rata-rata Pendapatan (juta)	Total Berat (kg)	Pendapatan Per Kg
25	2886611.914	2408902	53923.96139	75	2876215.664	2403703.832	53845.94523
26	2877839.128	2404516	53858.15035	76	2890168.004	2410680.002	53950.56999
27	2886762.539	2408977	53925.08924	77	2883395.192	2407293.596	53899.85827
28	2879305.383	2405249	53869.16649	78	2898014.24	2414603.12	54009.14118
29	2886665.895	2408929	53924.36561	79	2880430.983	2405811.491	53877.61872
30	2888958.375	2410075	53941.52329	80	2891843.812	2411517.906	53963.0957
31	2878149.15	2404671	53860.48014	81	2893681.038	2412436.519	53976.81791
32	2878418.548	2404805	53862.5044	82	2892915.674	2412053.837	53971.10269
33	2877066.08	2404129	53852.33964	83	2879929.303	2405560.652	53873.85204
34	2888131.446	2409662	53935.33616	84	2873409.673	2402300.836	53824.83049
35	2873356.954	2402274	53824.43354	85	2877382.766	2404287.383	53854.72027
36	2895246.739	2413219	53988.50388	86	2883594.856	2407393.428	53901.3553
37	2875441.872	2403317	53840.125	87	2883864.497	2407528.248	53903.37682
38	2883358.466	2407275	53899.58289	88	2889697.258	2410444.629	53947.04987
39	2890462.469	2410827	53952.77157	89	2877024.243	2404108.122	53852.0251
40	2891191.23	2411192	53958.21906	90	2894707.636	2412949.818	53984.48101
41	2884156.994	2407674	53905.56942	91	2895962.26	2413577.13	53993.84179
42	2895476.759	2413334	53990.22002	92	2892072.114	2411632.057	53964.80145
43	2874012.36	2402602	53829.36771	93	2873838.284	2402515.142	53828.05732
44	2873643.149	2402418	53826.58829	94	2878194.915	2404693.458	53860.82402
45	2885608.851	2408400	53916.44882	95	2893674.339	2412433.17	53976.76788
46	2905630.255	2418411	54065.81206	96	2888284.696	2409738.348	53936.48295
47	2876900.007	2404046	53851.09108	97	2889182	2410187	53943.19611
48	2892202.244	2411697	53965.77364	98	2882009.567	2406600.784	53889.46575
49	2893882.102	2412537	53978.31902	99	2879861.726	2405526.863	53873.34461
50	2881913.259	2406553	53888.74319	100	2876548.837	2403870.419	53848.45067

Replikasi Skenario 5

Replikasi	Rata-rata Pendapatan (juta)	Total Berat (kg)	Pendapatan Per Kg	Replikasi	Rata-rata Pendapatan (juta)	Total Berat (kg)	Pendapatan Per Kg
1	2768427.698	2349809.849	53016.73515	51	2759722.95	2345457.475	52948.10674
2	2773426.212	2352309.106	53056.02874	52	2766026.685	2348609.343	52997.83091
3	2771722.095	2351457.047	53042.64198	53	2757014.252	2344103.126	52926.69933
4	2770623.502	2350907.751	53034.00677	54	2752263.543	2341727.772	52889.09365
5	2767126.009	2349159.005	53006.48876	55	2762515.003	2346853.501	52970.14709
6	2765657.597	2348424.798	52994.92322	56	2771091.176	2351141.588	53037.68329
7	2768900.167	2350046.084	53020.45282	57	2765750.956	2348471.478	52995.65874
8	2763751.268	2347471.634	52979.89772	58	2771879.41	2351535.705	53043.87817
9	2763931.252	2347561.626	52981.31685	59	2774683.029	2352937.515	53065.89551
10	2760180.083	2345686.041	52951.71714	60	2771293.648	2351242.824	53039.27476

Replikasi	Rata-rata Pendapatan (juta)	Total Berat (kg)	Pendapatan Per Kg	Replikasi	Rata-rata Pendapatan (juta)	Total Berat (kg)	Pendapatan Per Kg
11	2771237.909	2351214.954	53038.83666	61	2772387.956	2351789.978	53047.87383
12	2763755.637	2347473.818	52979.93218	62	2758205.454	2344698.727	52936.1167
13	2761497.111	2346344.556	52962.11491	63	2763754.533	2347473.266	52979.92347
14	2768020.921	2349606.46	53013.53378	64	2769429.205	2350310.603	53024.61473
15	2758251.749	2344721.875	52936.48259	65	2772407.739	2351799.869	53048.02926
16	2771713.106	2351452.553	53042.57133	66	2753060.979	2342126.49	52895.41132
17	2741462.022	2336327.011	52803.30639	67	2767959.043	2349575.522	53013.04673
18	2772085.701	2351638.851	53045.4991	68	2780366.023	2355779.011	53110.44476
19	2771186.197	2351189.099	53038.43018	69	2775496.565	2353344.282	53072.27947
20	2757422.104	2344307.052	52929.92425	70	2760556.83	2345874.415	52954.6921
21	2773171.492	2352181.746	53054.02839	71	2770921.128	2351056.564	53036.34658
22	2775126.66	2353159.33	53069.37703	72	2760760.847	2345976.424	52956.3029
23	2764009.014	2347600.507	52981.92996	73	2765556.323	2348374.161	52994.1253
24	2769818.855	2350505.428	53027.67949	74	2766301.159	2348746.58	52999.99294
25	2748170.067	2339681.034	52856.62927	75	2760878.497	2346035.248	52957.23177
26	2767815.89	2349503.945	53011.91995	76	2766425.715	2348808.858	53000.97398
27	2765059.998	2348125.999	52990.21431	77	2767293.092	2349242.546	53007.8043
28	2772576.857	2351884.429	53049.35779	78	2771512.452	2351352.226	53040.99444
29	2775764.995	2353478.497	53074.3854	79	2776979.592	2354085.796	53083.91132
30	2760206.051	2345699.025	52951.92221	80	2768454.271	2349823.135	53016.94427
31	2779173.05	2355182.525	53101.1019	81	2788466.346	2359829.173	53173.75809
32	2762997.612	2347094.806	52973.95411	82	2761580.826	2346386.413	52962.77565
33	2770384.912	2350788.456	53032.13087	83	2772152.604	2351672.302	53046.02477
34	2769756.974	2350474.487	53027.19282	84	2765733.289	2348462.644	52995.51957
35	2763675.75	2347433.875	52979.30224	85	2772547.659	2351869.829	53049.12845
36	2768103.606	2349647.803	53014.18456	86	2760601.318	2345896.659	52955.04337
37	2760799.545	2345995.773	52956.60843	87	2766687.596	2348939.798	53003.03649
38	2749946.983	2340569.492	52870.72854	88	2764754.563	2347973.281	52987.80712
39	2761523.695	2346357.847	52962.32475	89	2781330.377	2356261.189	53117.99369
40	2768843.46	2350017.73	53020.00666	90	2780971.858	2356081.929	53115.18758
41	2755499.675	2343345.837	52914.71853	91	2778011.87	2354601.935	53092.00349
42	2757253.156	2344222.578	52928.58843	92	2754192.045	2342692.022	52904.3685
43	2787257.717	2359224.858	53164.32507	93	2766309.248	2348750.624	53000.05666
44	2766290.519	2348741.259	52999.90915	94	2755113.404	2343152.702	52911.66174
45	2753548.189	2342370.095	52899.27017	95	2756666.746	2343929.373	52923.95112
46	2765178.014	2348185.007	52991.14433	96	2760926.418	2346059.209	52957.61008
47	2770722.175	2350957.088	53034.78252	97	2760984.332	2346088.166	52958.06728
48	2775559.186	2353375.593	53072.77076	98	2761707.642	2346449.821	52963.7765
49	2775972.611	2353582.305	53076.01405	99	2761725.013	2346458.506	52963.9136
50	2770625.628	2350908.814	53034.02349	100	2778339.246	2354765.623	53094.56909

Replikasi Skenario A

Replikasi	Rata-rata Pendapatan (juta)	Total Berat (kg)	Pendapatan Per Kg	Replikasi	Rata-rata Pendapatan (juta)	Total Berat (kg)	Pendapatan Per Kg
1	1884133.69	1662803	50989.81897	51	1885704.8	1663588.4	51008.23928
2	1897940.754	1669706	51151.10962	52	1898880.5	1670176.2	51162.03878
3	1894323.068	1667898	51108.97781	53	1882654.5	1662063.2	50972.45952
4	1890664.389	1666068	51066.27557	54	1896313.7	1668892.8	51132.17175
5	1882800.216	1662136	50974.17071	55	1896474.5	1668973.3	51134.04498
6	1893041.896	1667257	51094.03528	56	1898834.5	1670153.3	51161.5045
7	1891051.369	1666262	51070.79664	57	1891041.7	1666256.9	51070.68383
8	1892675.415	1667074	51089.75882	58	1882378.6	1661925.3	50969.22076
9	1889851.128	1665662	51056.77083	59	1892401.4	1666936.7	51086.56026
10	1892813.036	1667143	51091.36484	60	1886314.4	1663893.2	51015.3825
11	1898031.8	1669752	51152.16877	61	1881924.2	1661698.1	50963.88432
12	1902138.97	1671805	51199.88804	62	1897452.5	1669462.2	51145.42858
13	1895681.864	1668577	51124.81315	63	1898705	1670088.5	51159.99813
14	1898774.036	1670123	51160.80115	64	1897474	1669473	51145.6787
15	1895011.391	1668242	51117.00112	65	1896565.2	1669018.6	51135.10061
16	1896580.788	1669026	51135.28208	66	1895507.7	1668489.9	51122.78451
17	1906045.108	1673759	51245.16296	67	1895886.6	1668679.3	51127.19841
18	1887142.004	1664307	51025.07535	68	1884622.3	1663047.2	50995.54979
19	1894869.629	1668171	51115.34894	69	1884621.5	1663046.7	50995.54001
20	1893605.465	1667539	51100.60971	70	1890012.8	1665742.4	51058.66029
21	1893762.653	1667617	51102.44299	71	1896762.3	1669117.1	51137.39525
22	1892243.375	1666858	51084.71616	72	1879983.4	1660727.7	50941.07416
23	1896511.748	1668992	51134.47824	73	1894863.7	1668167.8	51115.27969
24	1898855.257	1670164	51161.74555	74	1891047.7	1666259.8	51070.75327
25	1897351.154	1669412	51144.24933	75	1883646.4	1662559.2	50984.1024
26	1901631.231	1671552	51193.99519	76	1887242.2	1664357.1	51026.24816
27	1907598.303	1674535	51263.13624	77	1897282.9	1669377.4	51143.45501
28	1899397.039	1670435	51168.04387	78	1888039.2	1664755.6	51035.57755
29	1894731.846	1668102	51113.74305	79	1893061.7	1667266.9	51094.26651
30	1899080.43	1670276	51164.36346	80	1898149	1669810.5	51153.5317
31	1894807.281	1668140	51114.6223	81	1896049.7	1668760.9	51129.09819
32	1890664.773	1666068	51066.28002	82	1888386.1	1664929.1	51039.63718
33	1885295.43	1663384	51003.44171	83	1889081	1665276.5	51047.76552
34	1901938.86	1671705	51197.56577	84	1897224.1	1669348.1	51142.77105
35	1888092.715	1664782	51036.20411	85	1895990	1668731	51128.40262
36	1882096.209	1661784	50965.90418	86	1891128	1666300	51071.69229
37	1893021.15	1667247	51093.79322	87	1888318.3	1664895.2	51038.84422

Replikasi	Rata-rata Pendapatan (juta)	Total Berat (kg)	Pendapatan Per Kg	Replikasi	Rata-rata Pendapatan (juta)	Total Berat (kg)	Pendapatan Per Kg
38	1897451.431	1669462	51145.41629	88	1887521.5	1664496.8	51029.51845
39	1886935.85	1664204	51022.66133	89	1890029.4	1665750.7	51058.85498
40	1889958.246	1665715	51058.02301	90	1899592.4	1670532.2	51170.31416
41	1893075.82	1667274	51094.43109	91	1888117.1	1664794.6	51036.49
42	1901182.644	1671327	51188.78741	92	1895114.4	1668293.2	51118.20194
43	1890700.782	1666086	51066.70077	93	1887703	1664587.5	51031.64347
44	1895218.488	1668345	51119.41444	94	1891761.6	1666616.8	51079.09176
45	1897560.658	1669516	51146.68729	95	1888353.6	1664912.8	51039.25669
46	1889669.186	1665571	51054.64381	96	1898423	1669947.5	51156.71944
47	1897235.257	1669354	51142.90051	97	1890825.6	1666148.8	51068.15912
48	1893209.158	1667341	51095.98674	98	1890168.3	1665820.1	51060.47769
49	1882552.31	1662012	50971.26017	99	1897252.1	1669362.1	51143.0969
50	1897373.937	1669423	51144.51445	100	1895706.8	1668589.4	51125.10326



(halaman ini sengaja dikosongkan)

BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di Jakarta, 11 Oktober 1995 dengan nama lengkap Ultamas Eka Rahmawan. Penulis merupakan anak pertama dari tiga bersaudara. Pendidikan formal yang pernah ditempuh oleh penulis yaitu di SDN Satria Jaya 03 Tambun, MTsN Kota Bekasi dan SMAN 1 Kota Bekasi. Penulis menjadi mahasiswa Teknik Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya di tahun 2013.

Selama masa perkuliahan, penulis pernah terlibat dalam kegiatan non akademis berupa organisasi yaitu di Himpunan Mahasiswa Teknik Industri sebagai staf Departemen Pengembangan Sumber Daya Mahasiswa (PSDM) HMTI 14/15 dan menjadi pengurus inti di HMTI 15/16. Penulis juga aktif sebagai Pemandu Latihan Dasar Keterampilan Mahasiswa (LKMM) di tingkat Pra Dasar dan tingkat Dasar dari tahun 2013. Penulis pernah mengikuti berbagai macam kepanitian di kampus seperti *organizing committee* LKMM TD HMTI ITS 2014, *instructor committee* SISTEM 2014, dan panitia *Industrial Engineering Games* (IE GAMES) tahun 2015. Penulis juga mengikuti berbagai macam pelatihan terutama manajerial dari LKMM Pra TD, LKMM TD, PP LKMM IX hingga LKMM TM, P3MTI, pelatihan *software* NetLogo dan lainnya. Penulis pernah berkesempatan melakukan kegiatan Kerja Praktek di Bagian *Human Capital*, PT. Telekomunikasi Indonesia Tbk. Divisi Regional V Jatim Bali Nusa pada periode Juni – Juli 2017. Untuk informasi lebih lanjut berkaitan dengan penelitian ini, penulis dapat dihubungi melalui email berikut ini uekarahmawan@gmail.com.