



TESIS - KI092361

**PENGARUH FAKTOR PERMINTAAN DAN RANTAI PASOK
PUTARAN TERTUTUP TERHADAP PERENCANAAN KAPASITAS
UNTUK PENINGKATAN PRODUKSI DAN
PROFITABILITAS PABRIK GULA MENGGUNAKAN
PENDEKATAN SIMULASI SISTEM DINAMIK
(STUDI KASUS: PT. PERKEBUNAN NUSANTARA X)**

**ARNOLDUS YANSEN FRISKA DANAR YUDHISTIRA
NRP 5215201207**

**DOSEN PEMBIMBING
ERMA SURYANI, ST., MT., Ph.d
NIP. 197004272005012001**

**PROGRAM MAGISTER
DEPARTEMEN SISTEM INFORMASI
FAKULTAS TEKNOLOGI INFORMASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2018**



THESIS - KIO92361

**EFFECT FROM DEMAND AND CLOSED-LOOP SUPPLY CHAIN
FACTORS ON CAPACITY PLANNING FOR INCREASING
PRODUCTION AND PROFITABILITY OF SUGAR MILLS
USING SYSTEM DINAMICS SIMULATION APPROACH
(CASE STUDY: PT. PERKEBUNAN NUSANTARA X)**

**ARNOLDUS YANSEN FRISKA DANAR YUDHISTIRA
NRP 5215201207**

**SUPERVISOR
ERMA SURYANI, S.T., M.T., Ph.D.
NIP. 197004272005012001**

**MAGISTER PROGRAM
DEPARTMENT OF INFORMATION SYSTEM
FACULTY OF INFORMATION TECHNOLOGY
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2018**

(Halaman sengaja dikosongkan)

LEMBAR PENGESAHAN

Tesis disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar

Magister Komputer (M.Kom)
di
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

Arnoldus Yansen Friska Danar Yudhistira
NRP: 5215201207

Tanggal Ujian : 03 Januari 2017
Periode Wisuda : Maret 2018

Disetujui Oleh:

1. Erma Suryani, S.T., M.T., Ph.D.
NIP. 197004272005012001

(Pembimbing)

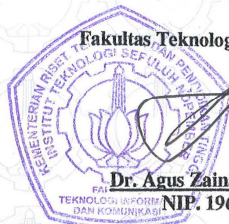
2. Dr.Eng. Febriliyan Samopa, S.Kom., M.Kom.
NIP. 197302191998021001

(Penguji 1)

3. Ahmad Mukhlason, S.Kom., M.Sc., Ph.D
NIP. 198203022009121009

(Penguji 2)

Dekan
Fakultas Teknologi Informasi dan Komunikasi



Dr. Agus Zainal Arifin, S.kom., M.Kom.
NIP. 19601202 198701 1 001

(Halaman sengaja dikosongkan)

**Pengaruh Faktor Permintaan Dan Closed-Loop Supply Chain Terhadap
Perencanaan Kapasitas Untuk Peningkatan Produksi Dan Profitabilitas
Pabrik Gula Menggunakan Pendekatan Simulasi Sistem Dinamik
(Studi Kasus: PT. Perkebunan Nusantara X)**

Nama Mahasiswa : Arnoldus Yansen Friska Danar Yudhistira
NRP : 5215201207
Dosen Pembimbing : Erma Suryani, S.T., M.T., Ph.D.

ABSTRAK

Beragam strategi dapat diterapkan untuk mendapatkan keuntungan kompetitif produksi gula, contohnya dari mengembangkan rantai pasok produksi gula pada beberapa tahapan (pengembangan tanaman, pengolahan, dan pemasaran) hingga diversifikasi produk yang dihasilkan dari tebu (contohnya ethanol, bio-molecules). Terdapat beberapa hambatan untuk meningkatkan ketersediaan pasokan produksi gula yang mengakibatkan ketidakpastian rantai pasok. Penelitian terdahulu membahas hubungan rantai pasok produksi gula dengan metode penjadwalan pasokan tebu menggunakan metode algoritma genetika, metode tabu search, metode greedy algorithm, pemodelan simulasi pengembangan tanaman dan penyelesaian matematika, serta metode penjadwalan pasokan tebu dari lahan menuju ke pengolahan.

Kontribusi dari penelitian ini adalah memberikan pemahaman dan studi yang lebih mendalam tentang kurangnya produksi gula nasional yang disebabkan oleh tingginya produksi gula dan kurangnya ketersediaan bahan baku tebu sehingga solusi yang diberikan untuk PT. Perkebunan Nusantara X adalah dengan intensifikasi lahan sebesar 9 Ton/Ha dan memperluas lahan pertanian petani sebesar 241 Ha maka PT.Perkebunan Nusantara X akan mendapatkan laba sebesar 48% dan dapat mengurangi harga gula sebesar 400 rupiah. Limbah produksi tebu yaitu tetes dan ampas tebu dapat dimanfaatkan kembali (*closed-loop supply chain*) menjadi produk bio-ethanol sedangkan ampas tebu dapat mengurangi konsumsi bahan baku batu bara untuk boiler sebesar 41.3% sehingga dapat meningkatkan profitabilitas pabrik gula sebesar 4%. Pemanfaatan limbah tebu juga dapat meningkatkan pendapatan petani tebu sebesar 40.03% sehingga dapat digunakan untuk penambahan biaya intensifikasi tanaman, saluran irigasi untuk meningkatkan jumlah panen tebu. Dengan mengurangi karyawan musiman dan merestrukturisasi besaran gaji karyawan musiman dapat meningkatkan profitabilitas sebesar 0.3 persen dari total keuntungan pabrik gula.

Kata kunci: Perkiraan Permintaan, *closed-loop supply chain*, Sistem Dinamik, Perencanaan Kapasitas.

(Halaman sengaja dikosongkan)

**Effect From Demand and Closed-Loop Supply Chain Factors on Capacity
Planning for Increasing Production and Profitability of Sugar Factories
Using System Dynamics Simulation Approach
(Case Study: PT Perkebunan Nusantara X)**

Name : Arnoldus Yansen Friska Danar Yudhistira
NRP : 5215201207
Supervisor : Erma Suryani, S.T., M.T., Ph.D.

ABSTRACT

Various strategies can be applied to gain a competitive advantage of sugar production, for example from developing a supply chain of sugar production at several stages to diversification of products produced from sugarcane. There are several obstacles to increasing availability of supply of sugar production resulting in supply chain uncertainty. Previous research discusses the relationship of sugar supply chain to sugar cane supply scheduling method using genetic algorithm method, taboo search method, greedy algorithm method, plant growth simulation model and mathematical solution, and sugar cane scheduling method from field to processing.

The contribution of this study is to provide a deeper understanding and study about the lack of national sugar production caused by the high production of sugar and availability of sugarcane raw materials so that the solution given to PT. Perkebunan Nusantara X is intensification up to 9 Ton / Ha and expand farming land by 251 Ha, they will get profit equal to 48% also can reduce sugar price equal to 400 rupiah. Sugar cane molasses can be reused (closed-loop supply chain) into bio-ethanol product while bagasse can reduced boiler consumption by 41.3% also can increase sugar mill profitability by 4%. The utilization of sugarcane waste can also increase the income of sugar cane farmers by 40.03% so it can be used to increase plant intensification cost, irrigation channel cost and to increase the number of sugarcane harvest. By reducing seasonal employees and restructuring the salaries of seasonal employees can increase profitability by 0.3 percent of the total profit of sugar mills.

Keywords: Demand, *closed-loop supply chain*, System Dynamics, Capacity Planning.

(Halaman sengaja dikosongkan)

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur kepada TUHAN YESUS Kristus, karena hanya dengan limpahan rahmat dan karunia-Nya, tesis ini dapat diselesaikan dengan baik dan lancar tanpa suatu halangan yang berarti. Tesis dengan judul **“Pengaruh Faktor Permintaan Dan Closed-Loop Supply Chain Terhadap Perencanaan Kapasitas Untuk Peningkatan Produksi Dan Profitabilitas Pabrik Gula Menggunakan Pendekatan Simulasi Sistem Dinamik (Studi Kasus: PT.Perkebunan Nusantara X)”** ini disusun untuk memenuhi syarat kelulusan program pasca sarjana di jurusan Teknik Informatika program studi Sistem Informasi Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Tesis ini tidak akan dapat terselesaikan dengan baik tanpa bantuan dari orang-orang di sekitar penulis yang telah mendukung penulis selama ini. Penulis menghaturkan terima kasih sedalam-dalamnya kepada berbagai pihak yang telah membantu penulis antara lain :

1. Ibu Erma Suryani, selaku dosen pembimbing yang memberikan banyak masukan dan ilmu serta membimbing dengan kesabaran dan ketelatenan sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis ini, selain itu juga mendapat pengetahuan dan wawasan baru. Semoga ibu senantiasa diberi kesehatan sehingga dapat terus memberikaan ilmu yang bermanfaat bagi kami dan mendapat pahala di sisi Allah.
2. Bapak dan Ibunda tercinta, yang telah mendidik dan membesarkan penulis selama ini. Semoga penulis dapat selalu berbakti kepada ibu bapak sampai akhir hayat.
3. Istri dan anakku, yang telah mendukung penulis selama pengerjaan tesis seperti memberikan masukan ketika penulis menemui hambatan, dan juga kesabarannya dalam banyak hal serta dukungan motivasi agar penulis dapat segera lulus.
4. Bapak Febriliyan Samopa dan Bapak Mukhlason, yang telah menjadi penguji dalam sidang tesis ini, terima kasih atas kritikan dan masukannya yang sangat membangun.
5. Seluruh teman-teman S2 Sistem Informasi yang banyak membantu penulis yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu. Semoga ilmu yang kita peroleh selama kuliah dapat bermanfaat bagi sesama dan mendatangkan barokah di sisi Allah.
6. Mbak Vian dan seluruh staff di jurusan Sistem Informasi ITS, terima kasih atas segala bantuannya.

Penulis menyadari bahwa tesis ini masih jauh dari sempurna, oleh karena itu penulis mengharapkan kritikan dan saran untuk penelitian yang akan datang.

Surabaya, Januari 2018

Penulis

(Halaman sengaja dikosongkan)

DAFTAR ISI

ABSTRAK	iv
ABSTRACT	vi
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL	xix
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Perumusan Masalah.....	5
1.3. Tujuan Penelitian.....	5
1.4 Manfaat Penelitian.....	5
1.5 Kontribusi Penelitian	6
1.6 Batasan Penelitian	6
1.7 Sistematika Penulisan.....	7
BAB 2 DASAR TEORI DAN TINJAUAN PUSTAKA	9
2.1 Dasar Teori	9
2.1.1 Sistem Dinamik.....	9
2.1.2 Faktor Permintaan Gula Nasional dan Regional.....	10
2.1.3 Supply Chain Management.....	11
2.1.4 Closed-Loop Supply Chain Management	11
2.1.4 Perencanaan Kapasitas.....	13
2.1.5 Simulasi.....	13
2.1.6 Pemodelan.....	13
2.1.7 Validasi dan Verifikasi Model	14
2.1.8 Perangkat Lunak Simulasi	15
2.2 Kajian Pustaka	15
2.2.1 An integrated System Dynamics model for strategic capacity planning in closed-loop recycling networks: A dynamic analysis for the paper industry - Simulation Modelling Practice and Theory (Georgiadis, 2013).....	16

2.2.2 System dynamics applied to closed loop supply chains of desktops and laptops in Brazil: A perspective for social inclusion of waste pickers - Waste Management (Ghisolfi et al., 2017)	17
2.2.3 Demand scenario analysis and planned capacity expansion: A system dynamics framework - Simulation Modelling Practice and Theory (Suryani et al., 2010)	18
2.2.4 A system dynamics framework for integrated reverse supply chain with three way recovery and product exchange policy - Computers & Industrial Engineering (Das and Dutta, 2013).....	19
2.2.5 Sugar Beet Production: A System Dynamics Model and Economic Analysis – Organizacija (Rozman et al., 2015)	20
2.2.6 A System Dynamics Approach to Support Decision-Making Processes Sugar Beet Production: A System Dynamics Model and Economic Analysis – Organizacija (Rozman et al., 2014)	21
2.3 Pedoman Pengukuran Indikator Produksi dan Profitabilitas Pabrik Gula.....	22
2.3.1 Pedoman Pengukuran Indikator Transportasi Tebu.....	23
2.3.2 Pedoman Pengukuran Indikator Perencanaan Kapasitas	23
2.3.3 Pedoman Pengukuran Indikator Pengolahan Pabrik Gula	23
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN	26
3.1 Pengumpulan Data.....	27
3.2 Variabel Penelitian	27
3.2.1 Variabel Independen	27
3.2.2 Variabel Dependen.....	28
3.3 Pemodelan Simulasi	29
3.4 Causative Loop Diagram	29
3.4.1 Perumusan Stock and Flow Diagram.....	31
3.4.2 Pemodelan Simulasi Awal	31
3.5 Verifikasi dan Validasi Data	31
3.6 Melakukan Skenario dan Simulasi Skenario.....	33
3.7 Analisa dan Pembahasan Hasil Simulasi Skenario	35
3.8 Kesimpulan dan Saran	35
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	37

4.1. Ruang Lingkup Data Penelitian.....	37
4.2. Data Larutan Gula	37
4.3 Data Produksi	38
4.2.1 Analisa Pol Tebu.....	40
4.2.3 Analisa Rendemen Tebu	43
4.3.3 Analisa Harga Gula.....	46
4.4 Data Permintaan	51
4.5 Data Konsumsi Langsung.....	52
4.6 Data Konsumsi Tidak Langsung	53
4.5.1 Analisa Konsumsi Langsung	55
4.5.2 Analisa Konsumsi Tidak Langsung	58
4.7 Diagram Stock dan Flow, Simulasi Model, dan Validasi model	62
4.7.1 Sub Model Konsumsi Langsung.....	63
4.7.2 Sub Model Konsumsi Tidak Langsung.....	66
4.7.3 Sub Model Permintaan.....	70
4.7.4 Sub Model Losses Gula	72
4.7.5 Sub Model Produksi Gula	75
4.7.6 Sub Model Volume Import	78
4.7.7 Sub Model Total Biaya Produksi Gula	79
4.7.8 Sub Model Harga Gula	83
4.7.9 Sub Model Bagi Hasil.....	84
4.7.10 Sub Model Perhitungan Kapasitas Produksi.....	87
4.7.11 Sub Model Total Keuntungan dan Profitabilitas Pabrik Gula	89
4.8 Validasi.....	90
4.8.1 Konsumsi Langsung.....	91
4.8.2 Konsumsi Tidak Langsung	93
4.8.3 Permintaan	95
4.8.4 Losses Gula	96
4.8.5 Produksi Gula.....	100
4.8.6 Impor Gula	102
4.8.7 Penetapan Harga Gula.....	104
4.8.8 Biaya Produksi Gula	106

4.8.9 Bagi Hasil Petani Tebu	107
4.8.10 Kapasitas Produksi.....	108
4.8.11 Laba Bersih (Net Income) dan Profitability.....	110
4.9 Analisa Kinerja Pabrik Gula.....	112
4.9.1 Analisa Pertumbuhan Volume Bahan Baku Tebu dan Permintaan	116
4.10 Pengembangan Skenario	117
4.10.1 Skenario 1: Restrukturisasi Penggajian Karyawan Kampanye.....	119
4.10.2 Skenario 2: Penambahan Share Profit untuk Petani.....	123
4.10.3 Skenario 3: Peningkatan Kapasitas Produksi.....	125
4.10.4 Skenario 4: Closed-Loop Remanufacturing.....	130
4.11 Skenario Supply Bahan Baku dalam Peningkatan Kapasitas Produksi.....	136
4.11.1 Produktivitas Maximal Tebu Indonesia	136
4.11.2 Perluasan Lahan Maksimal Pabrik Gula.....	136
4.12 Kontribusi Penelitian	138
4.12.1 Kontribusi Teoritis	138
4.12.2 Kontribusi Praktis	138
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	140
5.1 Kesimpulan.....	141
5.2 Saran.....	142
DAFTAR PUSTAKA	143
Lampiran 1.A	146
Lampiran 1.B	148
Lampiran 2	150
Lampiran 3	151
BIOGRAFI PENULIS	153

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Diagram Pemanfaatan Pengolahan Tebu (Aguilar et al., 2012).....	12
Gambar 2.2 Siklus Proses Pemodelan Sistem Dinamik Sterman di dalam (Suryani et al., 2010)	14
Gambar 2.3 Causative Loop Diagram Perencanaan Kapasitas Closed Loop Recycling Network (Georgiadis, 2013)	16
Gambar 2.4 Causative Loop Diagram Perencanaan Kapasitas Closed Loop Recycling Network Berdasarkan biaya (Georgiadis, 2013).....	17
Gambar 2.5 Causative Loop Diagram Perencanaan Kapasitas <i>Closed Loop Supply Chain</i> (Ghisolfi et al., 2017)	18
Gambar 2.6 Causative Loop Diagram Perencanaan Kapasitas (Suryani et al., 2010)	19
Gambar 2.7 Causative Loop Diagram Perhitungan permintaan (Das and Dutta, 2013)	20
Gambar 2.8 <i>Causative Loop Diagram</i> Produksi Gula (Rozman et al., 2015)	21
Gambar 2.9 <i>Causative Loop Diagram</i> Produksi Gula (Rozman et al., 2014)	22
Gambar 3.1 Metodologi Penelitian	26
Gambar 3.2 Pengiriman tebu sampai ke pabrik gula (Lejars et al., 2008; Milan et al., 2006)	29
Gambar 3.3 Alur faktor permintaan (Narayan and Prasad, 2003; Suryani et al., 2010)	30
Gambar 3.4 Alur Pengolahan Tebu dan <i>Closed-Loop Supply Chain</i> (Georgiadis, 2013; Vlachos et al., 2007)	31
Gambar 3.5 Causative Loop Diagram	32
Gambar 3.6 Produk turunan produksi tebu (Aguilar et al., 2012)	35
Gambar 4.1 Variabel Pengaruh Permintaan Gula (Sugiyanto, 2007).....	51
Gambar 4.2 Sub Model Konsumsi Langsung Gula Penduduk Indonesia.....	63
Gambar 4.3 Simulasi Awal Konsumsi Gula Langsung	64
Gambar 4.4 Grafik Konsumsi Perkapita (Dalam kg/tahun).....	65
Gambar 4.5 Grafik Populasi Indonesia (Dalam ribu jiwa)	65

Gambar 4.6 Sub Model Konsumsi Tidak Langsung Gula Penduduk Indonesia	66
Gambar 4.7 Grafik Validasi Simulasi Konsumsi Langsung	67
Gambar 4.8 Grafik Product Domestic Bruto (PDB) Indonesia	68
Gambar 4.9 Grafik Harga Gula Impor dan Nilai Tukar Mata Uang Indonesia	69
Gambar 4.10 Grafik Nilai Investasi Indonesia Indonesia	69
Gambar 4.11 Sub Model Permintaan	70
Gambar 4.12 Simulasi Konsumsi Tidak Langsung	71
Gambar 4.13 Simulasi Konsumsi langsung	71
Gambar 4.14 Gambar Simulasi Permintaan	72
Gambar 4.15 Sub Model Losses Gula	72
Gambar 4.16 Simulasi Persentase Pol Tebu Hasil Produksi	73
Gambar 4.17 Simulasi Persentase Rendemen Tebu Hasil Produksi	74
Gambar 4.18 Simulasi Losses Gula	75
Gambar 4.19 Sub Model Produksi Gula	76
Gambar 4.20 Hasil Produksi Gula Per Tahun	76
Gambar 4.21 Kapasitas dengan Jam Berhenti Pabrik (Inclusive Capacity)	77
Gambar 4.22 Hasil Panen Tebu Per Tahun	77
Gambar 4.23 Sub Model Harga Gula Impor	78
Gambar 4.24 Simulasi Total Volume Impor Gula	79
Gambar 4.25 Sub Total Biaya Produksi Pabrik Gula	80
Gambar 4.26 Grafik Total Biaya Produksi Pabrik Gula	80
Gambar 4.27 Grafik Total Biaya Karyawan Kampanye	81
Gambar 4.28 Grafik Total Biaya Gaji Karyawan	81
Gambar 4.29 Grafik Total Biaya Operasional, Bahan Bakar Kendaraan, Boiler Pabrik Gula	82
Gambar 4.30 Sub Model Perhitungan Harga Gula	83
Gambar 4.31 Sub Model Perhitungan Harga Gula	84
Gambar 4.32 Sub Model Bagi Hasil dengan Petani Tebu	85
Gambar 4.33 Simulasi Bagi Hasil Petani Tebu	86
Gambar 4.34 Simulasi Presentase Bagi Hasil Petani Tebu	86
Gambar 4.35 Sub Model Perhitungan Debit Air dan Kapasitas	87
Gambar 4.36 Grafik kebutuhan Debit Air dan Kapasitas Produksi	89

Gambar 4.37 Sub Model Laba dan Profitabilitas Pabrik Gula	89
Gambar 4.38 Grafik Simulasi Laba (Profit) dan Profitabilitas Pabrik Gula.....	90
Gambar 4.39 Grafik Validasi Simulasi Konsumsi Langsung.....	92
Gambar 4.40 Grafik Validasi Konsumsi Tidak Langsung Gula.....	94
Gambar 4.41 Hasil Simulasi Permintaan	96
Gambar 4.42 Grafik Hasil Simulasi Rendemen.....	97
Gambar 4.43 Grafik Hasil Simulasi Pol Tebu	99
Gambar 4.44 Grafik Hasil Simulasi Losses Gula	100
Gambar 4.45 Hasil Produksi Gula Per Tahun.....	102
Gambar 4.46 Simulasi Total Volume Impor Gula	103
Gambar 4.47 Simulasi Total Biaya Impor Gula (dalam US Dolar).....	104
Gambar 4.48 Simulasi Perhitungan Harga Gula.....	105
Gambar 4.49 Validasi Total Biaya Produksi Pabrik Gula	107
Gambar 4.50 Gambar Validasi data Bagi Hasil Gula	108
Gambar 4.51 Gambar Validasi data Selisih Kapasitas	110
Gambar 4.52 Validasi Keuntungan pabrik gula.....	111
Gambar 4.53 Perbandingan Produksi Gula dan Permintaan.....	112
Gambar 4.54 Grafik Exclusive Capacity, Inclusive Capacity dan Gap Capacity.....	113
Gambar 4.55 Grafik Pertumbuhan Rendemen Gula dan <i>Losses</i> Gula.....	113
Gambar 4.56 Grafik Presentase Bagi Hasil	114
Gambar 4.57 Jam Berhenti Giling Pabrik Gula	115
Gambar 4.58 Skenario Perhitungan Pekerja PKWT	120
Gambar 4.59 Hasil Skenario Perhitungan Pekerja PKWT	120
Gambar 4.60 Hasil Skenario Perhitungan Pekerja PKWT	121
Gambar 4.61 Hasil Skenario Perhitungan Pekerja PKWT terhadap harga gula.....	122
Gambar 4.62 Hasil Skenario Perhitungan Pekerja PKWT terhadap Profitabilitas...	122
Gambar 4.63 Skenario Penambahan Bagi Hasil Petani Tebu.....	124
Gambar 4.64 Skenario Penambahan Bagi Hasil Petani Tebu.....	124
Gambar 4.65 Skenario Perhitungan Kebutuhan Bahan Baku Tebu.....	126
Gambar 4.66 Skenario Intensifikasi Lahan.....	126
Gambar 4.67 Skenario Perluasan Lahan	127
Gambar 4.68 Skenario Penambahan Kapasitas dan Impor Gula	128

Gambar 4.69 Skenario Perhitungan Kapasitas Produksi dan Emplacement.....	128
Gambar 4.70 Hasil skenario Perhitungan Kapasitas Produksi dan Emplacement terhadap gap kapasitas, harga gula dan profitabilitas pabrik gula	129
Gambar 4.71 Sub Model Pengolahan Kembali (Closed-loop Supply Chain)	131
Gambar 4.72 Grafik Produksi Bio-Ethanol PT. Perkebunan Nusantara X.....	132
Gambar 4.73 Sub Model Pengolahan Kembali Ampas Tebu	133
Gambar 4.74 Sub Model Pengolahan Kembali Ampas Tebu	134
Gambar 4.75 Sub Model Total Keuntungan Pengolahan Kembali.....	134
Gambar 4.76 Sub Model Total Keuntungan Pengolahan Kembali.....	135
Gambar 4.76 Grafik Intensifikasi Lahan	136
Gambar 4.77 Grafik Profit Maksimal	137
Gambar 4.78 Grafik Harga Gula.....	137

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Simbol Diagram alir yang digunakan di Vensim 5.10.....	15
Tabel 2.2 Pedoman Pengukuran Indikator Produksi dan Profitabilitas Pabrik Gula..	22
Tabel 2.3 Pedoman Pengukuran Indikator transportasi tebu dari lahan ke pabrik gula.....	23
Tabel 2.4 Pedoman Pengukuran Indikator Perencanaan Kapasitas Produksi.....	23
Tabel 2.5 Pedoman Pengukuran Indikator Pengolahan Gula	24
Tabel 4.1 Data nilai ICUMSA gula berdasarkan pabrik gula	38
Tabel 4.2 Data produksi pabrik gula.....	39
Tabel 4.3 Data Losses Gula pada Pabrik Gula.....	40
Tabel 4.4 Tabel Faktor yang Mempengaruhi Pol Tebu	41
Tabel 4.5 Tabel Hasil ANNOVA Pol tebu	42
Tabel 4.6 Tabel Hasil Pengujian Parsial Faktor Pol Tebu	42
Tabel 4.7 Tabel Faktor yang Mempengaruhi Rendemen Gula.....	44
Tabel 4.8 Tabel Hasil ANNOVA Rendemen Tebu	44
Tabel 4.9 Tabel Hasil Pengujian Parsial	45
Tabel 4.10 Data Faktor Penetapan Harga Gula.....	47
Tabel 4.11 Hasil Analisa Hubungan Harga Eceran Tertinggi Gula.....	48
Tabel 4.12 Tabel Hasil ANNOVA HET Gula	48
Tabel 4.13 Tabel Hasil Uji Parsial HET Gula	49
Tabel 4.14 Data Konsumsi Langsung.....	52
Tabel 4.15 Data Impor Gula 1999-2016.....	53
Tabel 4.16 Data Faktor Permintaan dari Konsumsi Tidak Langsung.....	54
Tabel 4.17 Tabel Hasil Keluaran (<i>output</i>) SPSS	56
Tabel 4.18 Tabel Hasil ANNOVA.....	56
Tabel 4.19 Tabel Hasil Pengujian Parsial	57
Tabel 4.20 Hasil Faktor Konsumsi Tidak Langsung Konsumsi Gula	59
Tabel 4.21 Tabel Hasil ANNOVA Konsumsi Tidak Langsung	59
Tabel 4.22 Tabel Hasil Pengujian Parsial Konsumsi Tidak Langsung.....	60
Tabel 4.23 Data Persamaan Analisa Regresi	62

Tabel 4.24 Tabel Hasil Konsumsi Langsung	91
Tabel 4.25. Hasil Simulasi Konsumsi Tidak Langsung Gula Nasional.....	93
Tabel 4.26. Hasil Simulasi Konsumsi Permintaan Gula Nasional.....	95
Tabel 4.27. Hasil Simulasi Rendemen Tebu Nasional.....	96
Tabel 2.27 Hasil simulasi Pol Tebu	98
Tabel 4.27 Simulasi Sugar Loss.....	99
Tabel 4.28 Simulasi Produksi Gula	101
Tabel 4.29 Tabel Validasi Total Biaya Impor Gula.....	102
Tabel 4.30 Tabel Hasil Perhitungan Harga Gula	104
Tabel 4.31. Simulasi Produksi Gula	106
Tabel 4.32 Validasi Data Bagi Hasil Petani.....	107
Tabel 4.33 Validasi Data Persentase Selisih Kapasitas Produksi	109
Tabel 4.33 Data Keuntungan	110
Tabel 4.34 Data Rendemen Gula, Jam Berhenti Giling dan Losses Gula	115
Tabel 4.35 Variabel Analisa Tingkat Profitabilitas dan Produksi Gula.....	116
Tabel 4.36 Perbandingan pengeluaran gaji karyawan sebelum dan setelah skenario	123
Tabel 4.37 Perbandingan kapasitas, harga gula, profitabilitas sebelum dan setelah skenario	130
Tabel 4.38 Perbandingan biaya produksi, kebutuhan kelistrikan sebelum dan setelah pengolahan kembali (remanufacturing)	135
Tabel 4.39 Perbandingan bagi hasil, pendapatan dan biaya produksi sebelum dan setelah pengolahan kembali (remanufacturing)	125

(Halaman sengaja dikosongkan)

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Gula adalah kebutuhan pokok setiap manusia dan salah satu bahan penghasil gula adalah tebu. Tebu adalah jenis tanaman yang tergolong ke dalam keluarga rumput (Poaceae) dan tumbuh di iklim tropis dan sub tropis. Tebu merupakan penghasil gula terbesar di dunia dimana menghabiskan 160 juta ton setiap tahunnya. Pengolahan tebu cenderung rumit, menghabiskan banyak modal, serta tidak menguntungkan untuk membangun pabrik gula yang mampu memproses tanaman tebu dalam waktu beberapa minggu saja (Stray et al., 2012). Untuk memproses tebu menjadi gula membutuhkan efisiensi produksi gula agar tetap mendapatkan keuntungan dan harga yang kompetitif.

Beragam strategi dapat diterapkan untuk mendapatkan keuntungan kompetitif produksi gula, contohnya dari mengembangkan rantai pasok produksi gula pada beberapa tahapan (pengembangan tanaman, pengolahan, dan pemasaran) hingga *diversifikasi* produk yang dihasilkan dari tebu (contohnya ethanol, bio-molecules). Ketika setiap komponen dalam rantai pasok dikembangkan ada faktor potensial yang didapat untuk menambahkan keuntungan kompetitif dengan menguji interaksi antara *stakeholder* dengan rantai pasok. Hubungan ini termasuk perencanaan, pengontrolan bahan baku dan arus informasi semisal aktivitas logistik dalam rantai pasok (Le Gal et al., 2008).

Kenyataannya, ada beberapa hambatan untuk meningkatkan ketersediaan pasokan produksi gula yang mengakibatkan ketidakpastian rantai pasok. (Kadwa and Bezuidenhout, 2013) menyebutkan beberapa penyebab ketidakpastian rantai pasok dan membaginya menjadi tiga bagian yaitu, kualitas tebu, kuantitas tebu, dan ketidakpastian proses pengolahan. Ketidak pastian ini akan menyebabkan banyak resiko yang muncul dan mengurangi keuntungan untuk beberapa bagian dalam rantai pasokan, yaitu berdampak negative pada operasi di dalam pabrik dan juga berkaitan dengan kapasitas produksi pabrik (Le Gal et al., 2008, 2009; Kadwa and Bezuidenhout, 2013). Akibat dari kekurangan pasokan inilah yang

menyebabkan negara seperti Kuba lebih memilih untuk bergantung kepada ekspor produksi gula dari negara Brazil dan Australia. Karena gula merupakan kebutuhan pokok maka ada beberapa penelitian atau metode yang dapat digunakan untuk mengatasi masalah ketidakpastian rantai pasokan.

(Milan et al., 2006) mengusulkan untuk melakukan penjadwalan pasokan tebu dengan tetap mengurangi biaya produksi gula. Efisiensi produksi gula juga dapat dicapai dengan membuat model simulasi sistem dinamik untuk mengatasi ketidakpastian pasokan dengan menambahkan waktu panen, mengurangi pegawai panen, berinvestasi pada sektor infrastruktur yang lebih baru, mengembangkan rencana kapasitas angkutan, mengestimasi jumlah lokomotif, membagi jam kerja pegawai panen, mengestimasi jumlah media penyimpanan yang dibutuhkan, serta waktu delay dari masa panen dari akibat pengiriman media penyimpanan (Higgins and Davies, 2005). Untuk mengatasi ketidakpastian rantai pasokan tebu dan meningkatkan efisiensi produksi gula dapat diselesaikan dengan mengusulkan penjadwalan pasokan (Le Gal et al., 2008) dengan metode *Tabu Search* (Higgins, 2006) atau dengan menggunakan aplikasi simulasi penjadwalan pasokan (*MAGI Simulation Tools*) berdasarkan kualitas, letak lahan dan tempat pengolahan tebu (Lejars et al., 2008). Selain menggunakan pemodelan simulasi untuk menyelesaikan masalah ketersediaan pasokan tebu untuk produksi gula, beberapa penelitian sebelumnya juga mengusulkan sistem penjadwalan pasokan tebu ke pabrik gula dengan metode algoritma genetika (*Genetics Algorithm*) (Chiadamrong and Kawtummachai, 2008). (Piewthongngam et al., 2009) mengusulkan penggabungan pemodelan simulasi untuk memperkirakan perkembangan tanaman dan pemodelan matematika dalam mengatasi masalah pasokan produksi gula. Pemodelan matematika (Piewthongngam et al., 2009) diperbaiki lagi dengan menggunakan simulasi diskrit memperhitungkan biaya transportasi, biaya penambahan kapasitas penyimpanan, serta biaya kerugian yang diakibatkan oleh faktor masa panen yang tertunda (Khamjan et al., 2013).

Akan tetapi efisiensi produksi gula tidak hanya didapat dengan ketersediaan pasokan dari lahan ke tempat pengolahan (pabrik gula) karena setiap pabrik gula memiliki karakteristik yang berbeda-beda (Kadwa and Bezuidenhout, 2015). Efisiensi produksi gula tebu membutuhkan integrasi proses pengembangan

tanaman, pemanenan, transportasi, proses pengolahan, dan pemasaran. Ketika menambahkan nilai pada setiap sektor, tujuan yang didapat akan semakin mengerucut karena pengembangan yang fokus penelitiannya pada keseluruhan sistem pada industri gula membantu menjaga produksi gula tetap kompetitif (Higgins and Muchow, 2003). Di samping memprediksi dan menjadwalkan pasokan tebu, produksi gula yang efisien juga sangat mempengaruhi kualitas gula. Kualitas memang mempunyai definisi yang berbeda. Gula yang berkualitas juga tergantung kepada faktor performa pengolahan, kadar sukrosa, kualitas tebu dan seberapa besar modal yang diinvestasikan ke dalam faktor tersebut (Lejars et al., 2010). Lejars et al. (2010) mengusulkan perancangan pendukung keputusan untuk pembiayaan produksi gula berdasarkan kualitas tebu menggunakan sistem dinamik.

Model yang dikembangkan oleh Lejars et al. (2010) adalah upah bagi hasil yang diajukan kepada petani tebu akan berdampak positif pada keuntungan (*profit*). Semakin besar keuntungan yang didapat akan semakin besar perluasan lahan. Dampaknya, semakin bertambah pula tanaman tebu yang akan ditanam dan akan berdampak positif pada penambahan petani tebu baru. Semakin bertambahnya luas area penanaman, akan bertambah pula tebu yang dapat diproduksi menjadi gula. Semakin tinggi produksi gula akan semakin bertambah pula keuntungan sampai kondisi ini membentuk siklus (*lifecycle*). Hasilnya pun akan sama apabila kondisi nya terbalik: sedikitnya keuntungan akan mengurangi area penanaman (dengan hasil yang sedikit, petani akan beralih ke tanaman lain), mengurangi produksi dan mengurangi pendapatan petani.

Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa produksi gula sangat rumit dan sangat bergantung pada biaya. Khamjan et al. (2013) menggunakan simulasi dengan memperhitungkan biaya transportasi, biaya penambahan kapasitas penyimpanan, serta biaya kerugian yang diakibatkan oleh faktor masa panen yang tertunda. Akan tetapi khamjan et al. (2013) mengungkapkan bahwa penelitian dengan penyelesaian model evaluasi *heuristic* tersebut memiliki keterbatasan yaitu nilai kapasitas penyimpanan tebu dan jarak tempuh memiliki nilai yang tidak berubah (diskrit) apabila variabel nilai berubah akan menyebabkan utilisasi yang rendah sehingga model yang dibuat akan menyimpang dari kenyataan. Dan

jika utilisasi rendah tingkat produksi gula juga otomatis akan rendah. apabila kapasitas dan jarak lahan dengan pengolahan berubah akan menyebabkan utilisasi yang rendah sehingga produksi gula akan menurun tetapi biaya yang dikeluarkan tetap. Berdasarkan permasalahan tersebut diperlukan sebuah metode untuk menangani beberapa perubahan dalam rantai pasok.

Sistem dinamik merupakan metode yang paling baik (*powerfull*) untuk menyelesaikan permasalahan rantai pasok dengan karakteristik masalah yang kompleks dan variabel yang berubah (Das and Dutta, 2013). Melihat cakupan masalah, keterkaitan antara variabel di dalam efisiensi produksi gula penelitian ini mengusulkan untuk memodifikasi pemodelan sistem simulasi (Khamjan et al., 2013) menjadi pemodelan simulasi sistem dinamik menggunakan tahapan rantai pasok karena rantai pasok gula merupakan faktor utama untuk menganalisa tingkat kompetitif dan mengembangkan efisiensi (Le Gal et al., 2008) untuk menghasilkan produk gula yang berkualitas.

Georgiadis (2005) mengusulkan metode sistem dinamik untuk menganalisa rantai pasok secara menyeluruh. Sistem dinamik digunakan sebagai alat pendukung keputusan yang strategis (Georgiadis et al., 2005). Model yang dikembangkan menggabungkan seluruh variabel nyata (stok dan permintaan) dan kebijakan yang mengatur persediaan (*inventory*) dan perencanaan kapasitas. Untuk meningkatkan sistem perencanaan kapasitas diusulkan penggabungan rencana kapasitas dalam pengulangan perputaran rantai pasok (*closed-loop supply chain*) (Vlachos et al., 2007) agar jika terjadi perubahan dalam pasokan pabrik gula tetap mendapatkan keuntungan dan pengulangan perputaran pengolahan kembali (*reverse-loop recycling network*). Hal ini bertujuan jika terjadi perubahan dalam pasokan pabrik gula tetap mendapatkan keuntungan dan dari keuntungan yang didapat digunakan untuk meningkatkan kapasitas produksi dengan tetap memperhitungkan pendapatan perusahaan dan permintaan sebagai variabel pendukung. Perhitungan permintaan yang diusulkan dihitung berdasarkan permintaan pasar (Georgiadis, 2013). Sedangkan suryani (2010) mengusulkan perhitungan kapasitas berdasarkan permintaan secara nasional. Dari rancangan kapasitas produksi diharapkan akan mampu meningkatkan profitabilitas pabrik gula. Dan dari pendapatan yang dihasilkan akan dialokasikan untuk penambahan

kapasitas dengan memperhitungkan faktor permintaan dan pengolahan residu pengolahan gula (*closed-loop supply chain*) yang bertujuan untuk meningkatkan utilisasi kapasitas.

1.2. Perumusan Masalah

Pada bagian latar belakang telah disebutkan beberapa penelitian terdahulu yang berhubungan dengan rantai pasok produksi gula dengan metode penjadwalan pasokan tebu menggunakan metode algoritma genetika, metode *tabu search*, metode *greedy algorithm*, pemodelan simulasi pengembangan tanaman dan penyelesaian matematika untuk memberikan dukungan keputusan panen, serta metode penjadwalan pasokan tebu dari lahan menuju ke pengolahan. Tetapi dalam sistem nyata terdapat perubahan – perubahan nilai dari variabel yang menyebabkan adanya permasalahan. Berdasarkan penelitian terdahulu permasalahan yang muncul adalah:

- a. Bagaimana gambaran mengenai faktor permintaan terhadap perencanaan kapasitas produksi untuk meningkatkan produksi gula dan profitabilitas pabrik gula?
- b. Bagaimana meningkatkan produksi gula dan profitabilitas pabrik gula dengan mempertimbangkan *closed-loop supply chain*?

1.3. Tujuan Penelitian

Dari rumusan masalah tersebut tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah mengembangkan model simulasi sistem dinamik yang dapat memberikan perencanaan kapasitas, perkiraan permintaan, dan *closed-loop supply chain* produksi gula untuk meningkatkan produksi dan profitabilitas pabrik gula menggunakan pemodelan sistem dinamik.

1.4 Manfaat Penelitian

Dari sisi industri gula nasional, PT. Perkebunan Nusantara X dan keilmuan, penelitian ini akan memberikan manfaat sebagai berikut:

- a. Bagi dunia industri gula hasil dari penelitian ini diharapkan mampu untuk mendorong peningkatan produksi gula nasional.
- b. Bagi PT. Perkebunan Nusantara X dapat menyediakan informasi dalam mengambil alternatif kebijakan yang bertujuan untuk meningkatkan

produksi dan keuntungan pabrik gula baik di tingkat regional maupun nasional.

- c. Bagi penelitian dapat memberikan *framework* dalam mengembangkan pemodelan sistem dinamik yang mempertimbangkan *closed-loop supply chain*, perencanaan kapasitas dan dampaknya terhadap peningkatan produksi gula selain menggunakan pemodelan matematika dan pendekatan pendukung keputusan.

1.5 Kontribusi Penelitian

Ada 2 kontribusi penelitian di dalam penelitian ini, diantaranya :

- a. Memberikan pengetahuan secara mendalam tentang kurangnya produksi gula secara nasional yang disebabkan oleh biaya produksi yang sangat tinggi yang disebabkan oleh biaya overtime karyawan musiman yang tinggi dan memberikan solusi kepada PT.Perkebunan Nusantara X untuk membatasi overtime yang tinggi tersebut, mengurangi jumlah karyawan musiman, merestrukturisasi kembali besaran gaji karyawan musiman tersebut.
- b. Memberikan pengetahuan secara mendalam tentang rendahnya profitabilitas pabrik gula yang disebabkan beban biaya produksi yang tinggi dan memberikan solusi kepada PT. Perkebunan Nusantara X untuk mengolah kembali limbah pabrik gula menjadi produk bio-ethanol dan bahan baku *paper board* sehingga memberikan pos pendapatan yang lebih besar.

1.6 Batasan Penelitian

Batasan Penelitian ini adalah:

- a. Penelitian ini menggunakan studi kasus dan data produksi gula dari PT. Perkebunan Nusantara X, sebagai perusahaan pemerintah yang mengelola produksi gula nasional.
- b. Kualitas dan jenis tebu yang dimaksud adalah kualitas dan jenis tebu saat sampai di dalam area *emplastment* pabrik gula dan diukur dengan tingkat rendemen gula bukan kualitas dan jenis tebu saat panen karena fokus

penelitian ini adalah efisiensi produksi gula dengan bahan baku utama adalah tebu.

1.7 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan laporan proposal penelitian ini adalah sebagai berikut :

a. Bab 1 Pendahuluan

Bab ini terdiri dari latar belakang penelitian, perumusan masalah, tujuan penelitian, kontribusi penelitian, batasan penelitian dan sistematika penulisan.

b. Bab 2 Dasar Teori dan Kajian Pustaka

Bab ini berisi kajian terhadap teori dan penelitian-penelitian yang sudah ada sebelumnya.

c. Bab 3 Metode Penelitian

Bab ini mengulas tentang kerangka konseptual yang dikembangkan dalam penelitian ini, termasuk pemodelan sistem dan juga tahapan-tahapan sistematis yang digunakan selama melakukan penelitian.

d. Daftar Pustaka

Berisi daftar referensi yang digunakan dalam penelitian ini, baik jurnal, buku maupun artikel.

(Halaman sengaja dikosongkan)

BAB 2

DASAR TEORI DAN TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab dasar teori dan tinjauan pustaka ini membahas tentang teori – teori yang digunakan untuk memecahkan permasalahan penelitian, dasar teori ini selanjutnya digunakan sebagai acuan ketika melakukan penelitian ini.

2.1 Dasar Teori

Dasar teori berisi penjelasan teori-teori yang menjadi latar belakang penelitian.

2.1.1 Sistem Dinamik

Sistem dinamik mengembangkan grafik exponential dengan sangat baik. Ketertarikan penelitian pada sistem dinamik didasarkan pada kemampuan sistem dinamik dalam menggambarkan dunia nyata (Forrester, 1994). Metode Sistem dinamik, yang diperkenalkan oleh Forrester menyediakan pemodelan dan simulasi kerangka kerja yang fleksibel, yang memiliki kekuatan untuk mengatasi kompleksitas dinamis dari masalah perencanaan kapasitas yang menarik dalam penelitian. Hal ini dibuktikan dengan kemampuan untuk memahami kompleksitas yang meningkat, terutama disebabkan oleh pengaruh kausal dan sumber ketidakpastian rantai pasok. Metode Sistem dinamik memberikan pemahaman tentang perubahan yang terjadi dalam rantai pasok, dan berfokus pada interaksi antara arus fisik barang (*inventory*), arus informasi, penundaan dan kebijakan perencanaan kapasitas yang menciptakan dinamika antar variabel. Setelah itu, metodologi ini mencari keputusan investasi yang efektif dalam memperluas kapasitas yang ada untuk meningkatkan profitabilitas sistem jangka panjang (Georgiadis, 2013). Sistem dinamik adalah penggambaran suatu sistem yang memiliki upan balik (*feedback*) yang saling berkaitan dengan tujuan untuk keseimbangan sebuah sistem (Sweeney and Sterman, 2000).

2.1.2 Faktor Permintaan Gula Nasional dan Regional

Permintaan barang atau jasa merupakan titik awal dari rantai pasok, jumlah permintaan barang atau jasa yang diterima dijadikan dasar pertimbangan ketika membuat suatu produk atau jasa, dari permintaan tersebut bisa menentukan apa yang harus dilakukan oleh produsen produk/jasa dalam upaya memenuhi permintaan tersebut. Peramalan adalah sebuah kegiatan yang ingin mengetahui situasi atau kondisi yang mungkin terjadi di masa depan. Peramalan menyebabkan suatu variabel akan terlihat di masa yang datang, yang membantu dalam perencanaan kedepan (Philip, 1994).

Peramalan dilakukan dalam upaya mengantisipasi dampak yang mungkin terjadi ketika situasi atau kondisi yang diramalkan terjadi. Ketika produsen memberikan pemasok perkiraan permintaan awal berlebihan mengakibatkan adanya dorongan untuk membangun kapasitas yang lebih akan tetapi produsen lebih memilih untuk tidak mengembangkan kapasitas yang mereka miliki dan lebih melihat pertumbuhan pasokan yang dalam beberapa kasus menjadi semakin tinggi. Sementara itu, pemasok menyadari insentif produsen dan melihat perkiraan dengan skeptisisme, memberikan sejumlah pasokan sesuai dengan kapasitas. Jika perkiraan permintaan benar-benar menggembirakan dan kapasitas terbatas maka dapat menyebabkan banyak kehilangan penjualan, hal ini akan merugikan kedua belah pihak (Cachon and Lariviere, 2001).

Peramalan permintaan ditinjau dari sudut pandang pemasaran dibagi menjadi empat tipe (Hague, n.d.), yaitu:

- a. Peramalan ekonomi memberikan gambaran yang luas dari lingkungan dimana perusahaan beroperasi, peramalan ini memprediksi perubahan GDP, inflasi, tingkat pengangguran, tingkat konsumsi, neraca pembayaran, peredaran uang, kredit sektor publik, dan sebagainya.
- b. Peramalan lingkungan memberikan lingkungan dimana perusahaan berada, mencakup pengukuran kekuatan/tekanan politik, ekonomi, sosial, teknologi, lingkungan (alam) dan hukum.
- c. Peramalan pasar dan produk memperkirakan perilaku konsumen atau produk/layanan yang dijual. Perkiraan permintaan dari konsumen

merupakan masukan penting bagi produsen untuk perkiraan produk yang dihasilkan.

- d. Perkiraan penjualan memperkirakan penjualan perusahaan sebagai dampak dari penentuan target penjualan produk/layanan.

Tujuan yang ingin dicapai dalam perkiraan permintaan (*forecasting demand*) adalah meningkatkan produksi yang akan berdampak pada peningkatan pendapatan perusahaan serta menekan biaya produksi yang diakibatkan pada stok bahan baku yang berlebih.

2.1.3 Supply Chain Management

Supply chain management adalah integrasi proses bisnis utama dari pengguna akhir melalui pemasok asli yang menyediakan yang menyediakan produk, jasa dan informasi yang menambah nilai bagi pelanggan (Lambert, 2008). Manajemen rantai suplai (SCM) dilaksanakan dengan mengintegrasikan fungsi perusahaan menggunakan proses bisnis antara dan di dalam perusahaan (Lambert et al., 2005)

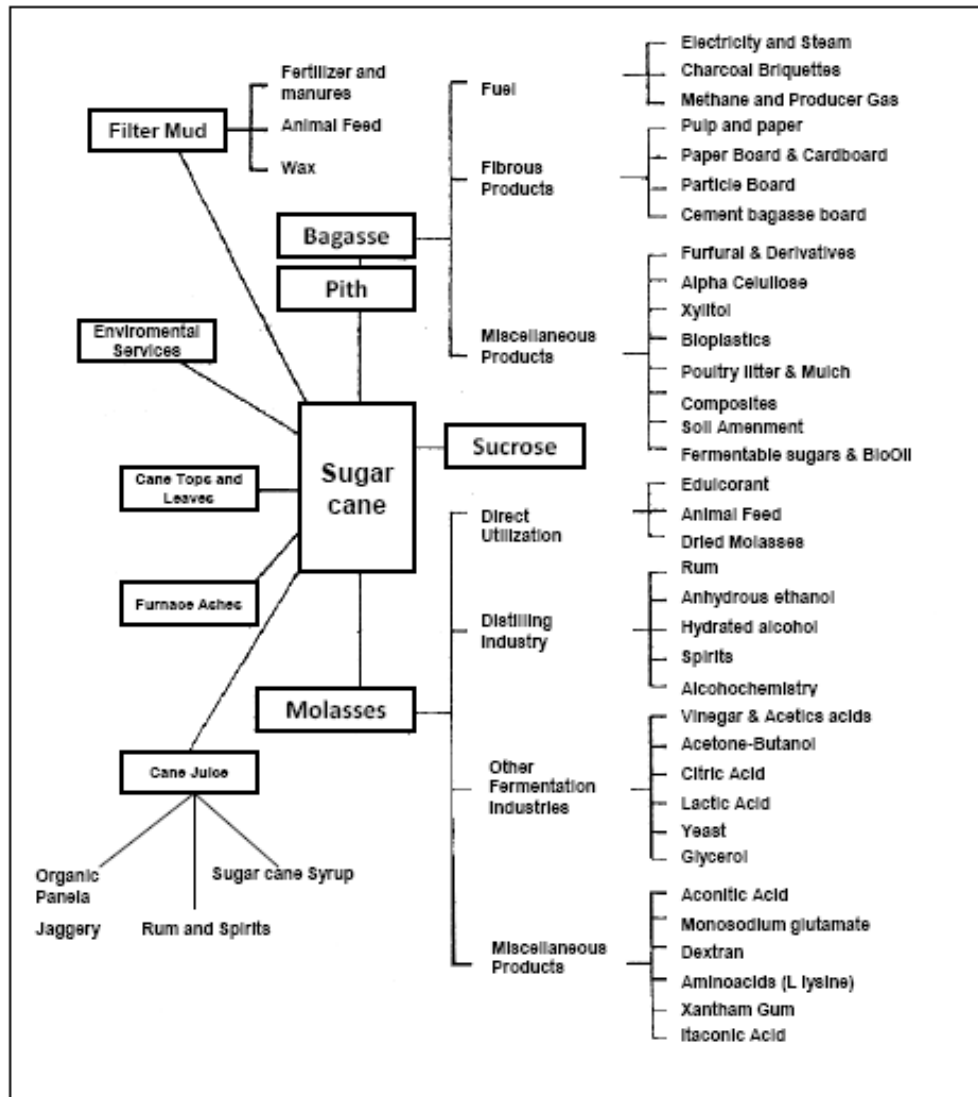
(Turban, n.d.) mengidentifikasikan 3 komponen utama rantai supply:

- a. Rantai Persediaan Hulu (*Upstream Supply Chain*) merupakan aktifitas dari suatu perusahaan manufaktur dengan para penyalurannya. Aktifitas yang utama dalam rantai persediaan hulu adalah pengadaan.
- b. Manajemen Rantai Pasok internal (*internal supply chain*) merupakan bagian dari proses pemasukan barang ke gudang yang digunakan dalam mentransformasikan *input* dari penyalur ke organisasi luar. Fokus kegiatan internal meliputi manajemen produksi, fabrikasi dan pengendalian persediaan.
- c. Rantai Persediaan Hilir (*Downstream Supply Chain*) merupakan aktifitas yang melibatkan pengiriman produk kepada pelanggan akhir. Fokus kegiatan adalah pergudangan transportasi dan *after-sales-service*.

2.1.4 Closed-Loop Supply Chain Management

Pengulangan perputaran rantai pasok menjadi semakin kompleks karena mengembalikan arus perputaran dengan penambahan atau penggabungan material

tambahan. Fleischmann et al. dalam (Vlachos et al., 2007) menyebutkan pengolahan ulang (pengolahan kembali, daur ulang, perbaikan, rekondisi), pembuangan dan re-distribusi produk digunakan sebagai operasi utama perputaran ulang rantai pasok. Produk turunan produksi gula dapat sebagai penambah untuk pendapatan gpabrik gula dijelaskan pada gambar 2.1



Gambar 2.1 Diagram Pemanfaatan Pengolahan Tebu (Aguilar et al., 2012)

Gambar 2.1 menggambarkan bahwa tebu dapat diolah menjadi berbagai macam produk turunan tidak hanya gula. Bahkan tebu juga dapat dimanfaatkan untuk bahan bakar terbaru dan ampas dapat digunakan untuk proses pembakaran boiler yang dapat digunakan untuk menambah listrik yang digunakan untuk pengolahan tebu menjadi gula kristal.

2.1.4 Perencanaan Kapasitas

Perencanaan kapasitas adalah proses untuk menentukan kapasitas produksi yang dibutuhkan sebuah organisasi untuk menyelaraskan perubahan permintaan dengan kemampuan produksi/layanan. Agar sistem perencanaan kapasitas lebih efisien Georgiadis (2013) mengusulkan penggabungan rencana kapasitas dalam pengulangan perputaran rantai pasok (*closed-loop supply chain*) menggunakan sistem dinamik berpengaruh terhadap pendapatan perusahaan dan permintaan sebagai variabel pendukung. Perhitungan permintaan perusahaan yang diusulkan berdasarkan permintaan pasar (Georgiadis, 2013).

2.1.5 Simulasi

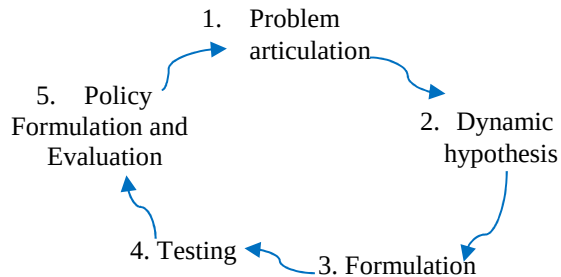
(Law, n.d.) berpendapat bahwa simulasi merupakan teknik duplikasi proses yang terjadi pada sistem nyata dengan bantuan komputer yang didasarkan pada asumsi tertentu, sehingga bisa dipahami secara ilmiah. Uji coba simulasi dilakukan dengan data real menggunakan uji statistika untuk mendapatkan gambaran karakteristik dari sistem. Pendekatan dengan simulasi dimulai dengan melakukan pemodelan dari sistem yang ingin direkayasa.

2.1.6 Pemodelan

Pemodelan dibuat untuk menggambarkan komponen yang terlibat dan saling berinteraksi didalam sebuah sistem sehingga membentuk suatu pola yang bisa untuk dipahami. Siklus pemodelan menurut (Sweeney and Sterman, 2000) terdiri dari:

- a. *Problem Articulation* yaitu identifikasi masalah, tujuan dan batasan yang ingin dipecahkan.
- b. *Dynamic hypothesis*, yaitu pembuatan hipotesis awal berdasarkan identifikasi masalah pada fase sebelumnya dalam bentuk diagram
- c. *Formulation*, yaitu formulasi model berdasarkan diagram yang dibentuk pada fase sebelumnya untuk persamaan matematika.
- d. *Testing*, uji coba dengan bermacam – macam scenario kebijakan.
- e. *Policy Formulation and evaluation*, pengambilan/pemanfaatan kebijakan hasil dari uji coba pada fase sebelumnya sesuai dengan kebutuhan, serta melakukan evaluasi.

Untuk dapat lebih memahami siklus yang telah dikemukakan oleh Sterman dan Sweeney (2000), untuk lebih jelasnya dapat diilustrasikan pada gambar 2.1.



Gambar 2.2 Siklus Proses Pemodelan Sistem Dinamik Sterman di dalam (Suryani et al., 2010)

Di dalam pemodelan sistem yang digambarkan oleh Stearman proses dimulai dari menganalisa masalah sampai pembuatan scenario yang digunakan untuk mencapai tujuan yang telah ditetapkan.

2.1.7 Validasi dan Verifikasi Model

Validasi dan verifikasi Uji coba sistem dibuat bertujuan untuk memastikan model yang sudah dibuat hamper sama seperti kondisi nyata atau sudah bisa merepresentasikan seluruh alur dari sistem nyata. Menurut Barlas (1989) validasi dan verifikasi model bisa dilakukan dengan dua pendekatan, yaitu

- a. Uji perbandingan rata-rata (Mean Comparison), uji ini dilakukan dengan cara menggunakan rumusan sebagai berikut

$$E1 = \left| \frac{S-A}{A} \right| \dots\dots\dots (2.1)$$

Dimana:

S = nilai rata-rata hasil simulasi

A = nilai rata-rata data

Model dikatakan valid jika $E1 \leq 5\%$

- b. Uji perbandingan variasi amplitude (% error variance), uji ini dilakukan dengan menggunakan rumus

$$E2 = \left| \frac{Ss-Sa}{Sa} \right| \dots\dots\dots (2.2)$$

Dimana:

Ss = standar deviasi model

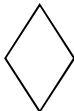
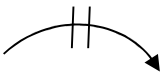
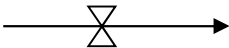
Sa = standar deviasi data

Model dikatakan valid jika $E2 \leq 30\%$

2.1.8 Perangkat Lunak Simulasi

Model yang sudah dibuat selanjutnya akan dilakukan simulasi dengan bantuan perangkat lunak dengan tujuan untuk mempercepat analisa perilaku dari model yang sudah dibuat. Perangkat lunak yang digunakan untuk menggambarkan model dalam penelitian ini menggunakan *Ventana Simulation* (Vensim) versi 5.10. Tabel 2.1 menggambarkan symbol diagram alir yang digunakan dalam Vensim 5.10. Setelah memodelkan sistem uji coba skenario juga dapat digunakan langsung dalam aplikasi Vensim 5.10.

Tabel 2.1 Simbol Diagram alir yang digunakan di Vensim 5.10

No.	Simbol	Arti
1.		Level
2.		Auxiliary
3.		Konstanta
4.		Sumber
5.		Hubungan
6.		Hubungan tertunda
7.		Inisialisasi Hubungan
8.		Aliran

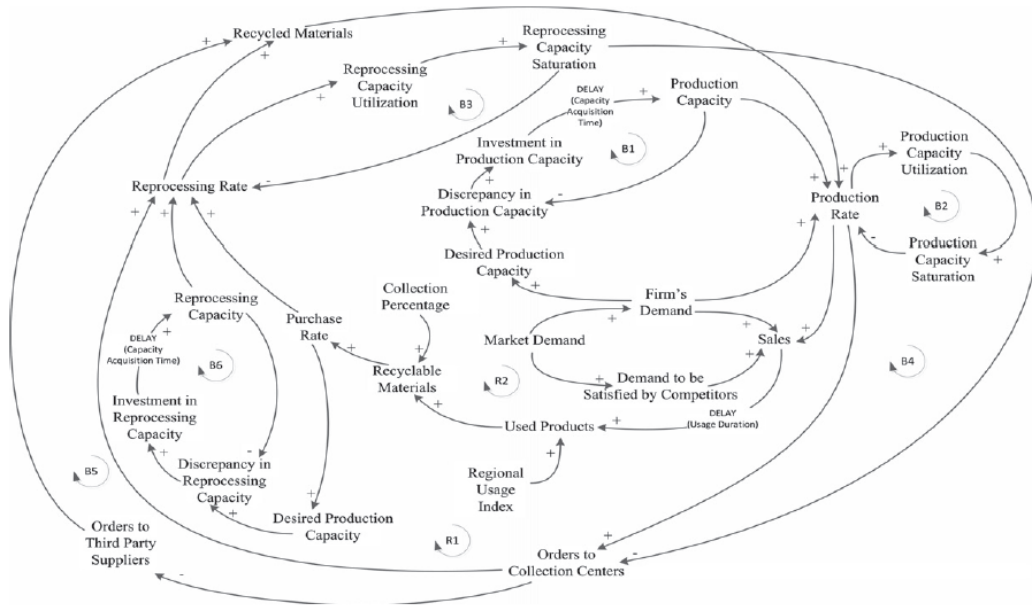
Sumber: (Muhammadi and Soesilo, 2001)

2.2 Kajian Pustaka

Pada subbab kajian pustaka membahas beberapa penelitian terdahulu yang digunakan sebagai dasar penelitian. Beberapa penelitian tersebut antara lain:

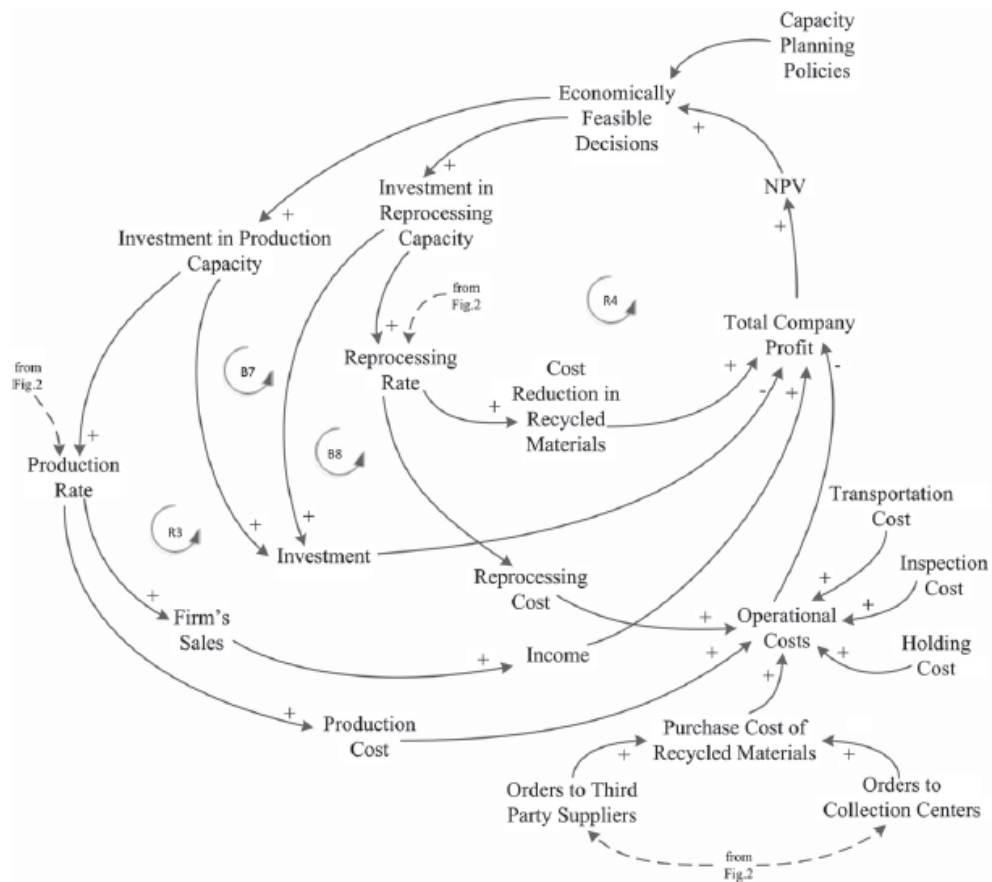
2.2.1 An integrated System Dynamics model for strategic capacity planning in closed-loop recycling networks: A dynamic analysis for the paper industry - Simulation Modelling Practice and Theory (Georgiadis, 2013)

Penelitian ini mengusulkan pemodelan Sistem Dinamik (SD) untuk perencanaan kapasitas strategis dalam industri daur ulang. Proses pengambilan keputusan didasarkan pada penyeimbangan keuntungan yang didapatkan dari nilai tukar barang dan pemanfaatan kapasitas untuk produsen tunggal dengan *closed-loop recycling network*. Untuk kegiatan yang menggambarkan *closed-loop recycling networks* digambarkan pada gambar 2.3.



Gambar 2.3 Causative Loop Diagram Perencanaan Kapasitas Closed Loop Recycling Network (Georgiadis, 2013)

Gambar 2.3 mengilustrasikan sisa surplus produksi kertas dikumpulkan lalu diolah kembali. Untuk perhitungan biaya hasil pengolahan sisa produksi kertas diilustrasikan pada gambar 2.4.

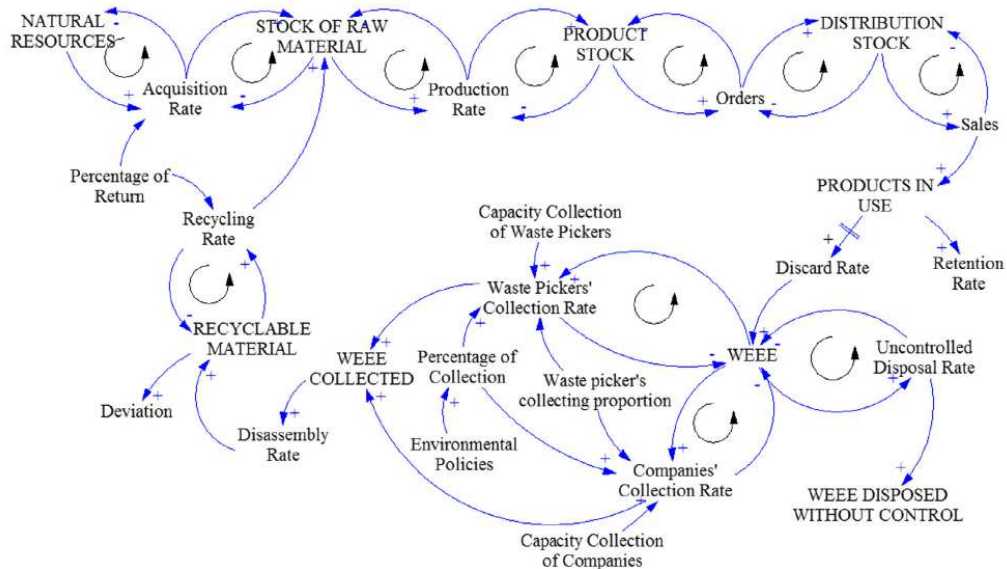


Gambar 2.4 Causative Loop Diagram Perencanaan Kapasitas Closed Loop Recycling Network Berdasarkan biaya (Georgiadis, 2013)

2.2.2 System dynamics applied to closed loop supply chains of desktops and laptops in Brazil: A perspective for social inclusion of waste pickers - Waste Management (Ghisolfi et al., 2017)

Penelitian ini membahas tentang pengukuran dampak dari keuntungan yang ditimbulkan akibat adanya kebijakan dan daya tawar yang diperoleh dari volume sampah yang dikumpulkan. Model yang diusulkan mengevaluasi keberlanjutan rantai pasokan dalam hal penggunaan bahan baku karena biaya pembuangan, pengumpulan, daur ulang dan pengembalian beberapa bahan dari desktop dan laptop menggunakan metodologi sistem dinamik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa bahkan tanpa adanya daya tawar, formalisasi *waste pickers* terjadi karena sebuah kebijakan yang menguntungkan perusahaan. Akan tetapi harus dipastikan pengambilan limbah memiliki jumlah minimum, hal ini membutuhkan tingkat perlindungan terhadap persaingan tidak sehat dengan perusahaan lain. Hasilnya adalah dampak lingkungan dapat ditanggulangi,

meskipun waktu formalisasi panjang, akan tetapi hasil yang diperoleh masih belum cukup untuk menjamin formalisasi *waste pickers*, akan tetapi tergantung pada daya tawar mereka. Model yang terbentuk ditunjukkan pada gambar 2.5.



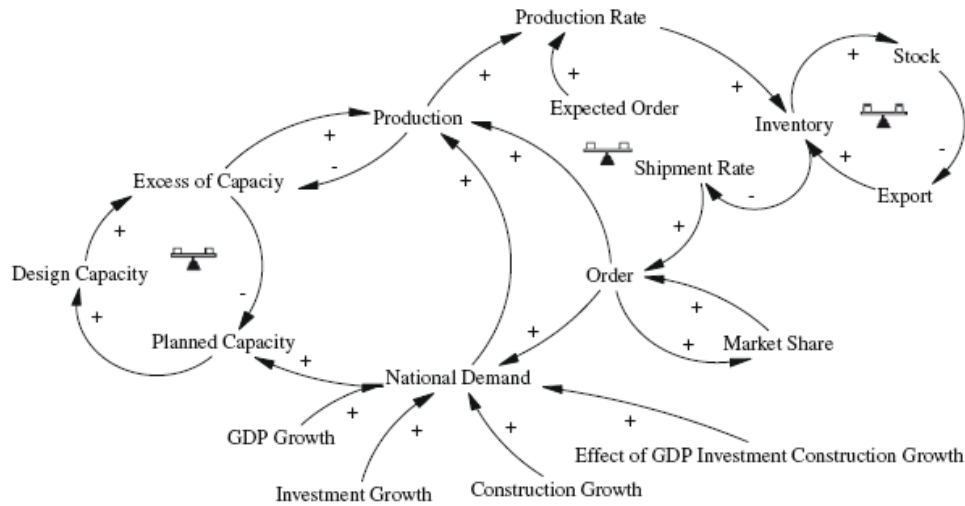
Gambar 2.5 Causative Loop Diagram Perencanaan Kapasitas *Closed Loop Supply Chain* (Ghisolfi et al., 2017)

Gambar 2.5 mengilustrasikan hubungan closed-loop supply chain digunakan untuk mengatasi dampak lingkungan yang terjadi dalam produksi laptop di Brazil.

2.2.3 Demand scenario analysis and planned capacity expansion: A system dynamics framework - Simulation Modelling Practice and Theory (Suryani et al., 2010)

Penelitian ini menghasilkan pendekatan untuk mengembangkan model untuk faktor permintaan dan mengevaluasi skenario kebijakan yang terkait dengan perluasan kapasitas yang direncanakan untuk memenuhi proyeksi permintaan di masa mendatang. Sebuah kerangka sistem dinamik digunakan untuk memodelkan dan untuk menghasilkan skenario karena kemampuan sistem dinamik dalam mewakili informasi fisik dan aliran informasi yang akan memungkinkan kita untuk memahami perilaku dinamika nonlinier dalam kondisi tidak pasti. Model ini dapat memberikan masukan penting seperti pertumbuhan pembangunan, pertumbuhan PDB, dan pertumbuhan investasi untuk keputusan bisnis tertentu

seperti kebijakan ekspansi kapasitas yang direncanakan yang akan meningkatkan kinerja sistem. Model yang dihasilkan diilustrasikan pada gambar 2.6

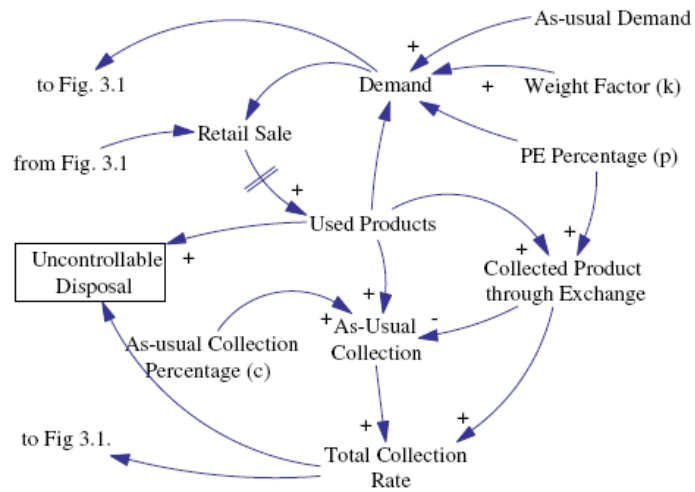


Gambar 2.6 Causative Loop Diagram Perencanaan Kapasitas (Suryani et al., 2010)

Gambar 2.6 mengilustrasikan kebutuhan permintaan semen nasional dipengaruhi oleh perencanaan kapasitas produksi. Perhitungan permintaan yang dihitung berdasarkan jumlah order, perkembangan GDP, pertumbuhan jumlah investasi, efek dari jumlah investasi pada bidang konstruksi.

2.2.4 A system dynamics framework for integrated reverse supply chain with three way recovery and product exchange policy - Computers & Industrial Engineering (Das and Dutta, 2013)

Penelitian ini mengembangkan kerangka sistem dinamik untuk jaringan rantai pasokan loop tertutup dengan pertukaran produk dan tiga cara kebijakan pemulihan, yaitu; produk remanufaktur, menggunakan kembali komponen dan rekondisi, dan pemulihan bahan baku. Kajian numerik diperpanjang memberikan wawasan kepada para pembuat keputusan mengenai tindakan yang dapat menyebabkan kinerja yang lebih baik dari sistem. Model yang dihasilkan digambarkan gambar 2.7

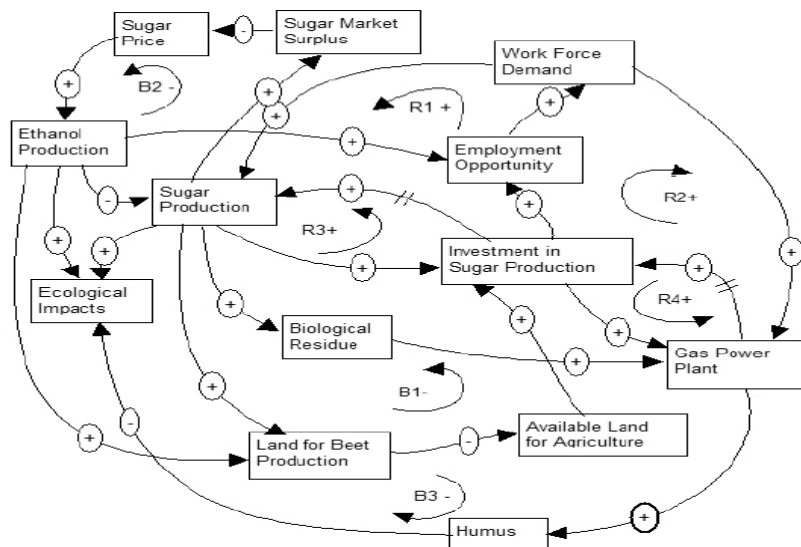


Gambar 2.7 Causative Loop Diagram Perhitungan permintaan (Das and Dutta, 2013)

Perhitungan permintaan pada gambar 2.7 diperoleh dari jumlah permintaan rutin, jumlah produk yang telah digunakan, pembobotan faktor tertentu, dan persetasi dari produk pengganti yang beredar di pasaran.

2.2.5 Sugar Beet Production: A System Dynamics Model and Economic Analysis – Organizacija (Rozman et al., 2015)

Metode sistem dinamik dipilih untuk dampak dari investasi pabrik gula regional. Penelitian ini menyajikan konsep dasar model sistem dinamik (SD) dan perkembangannya dalam hal produksi gula bit dan sistem pengolahan. Simulasi memberikan jawaban atas pertanyaan strategis yang berkaitan dengan total produksi gula bit dan pengolahan sistem dan akan digunakan untuk simulasi skenario yang berbeda untuk produksi gula dan dampaknya terhadap parameter ekonomi dan lingkungan pada tingkat agregat. Selanjutnya, analisis kelayakan produksi gula bit mengungkapkan bahwa pada harga dan intensitas level saat ini (hasil), diharapkan produksi gula bit dapat menghasilkan keuntungan untuk gula putih dan etanol. Dampak ekonomi dari produksi gula bit juga dianalisis menggunakan teknologi simulasi model ekonomi statis. Model yang dihasilkan diilustrasikan pada gambar 2.8.

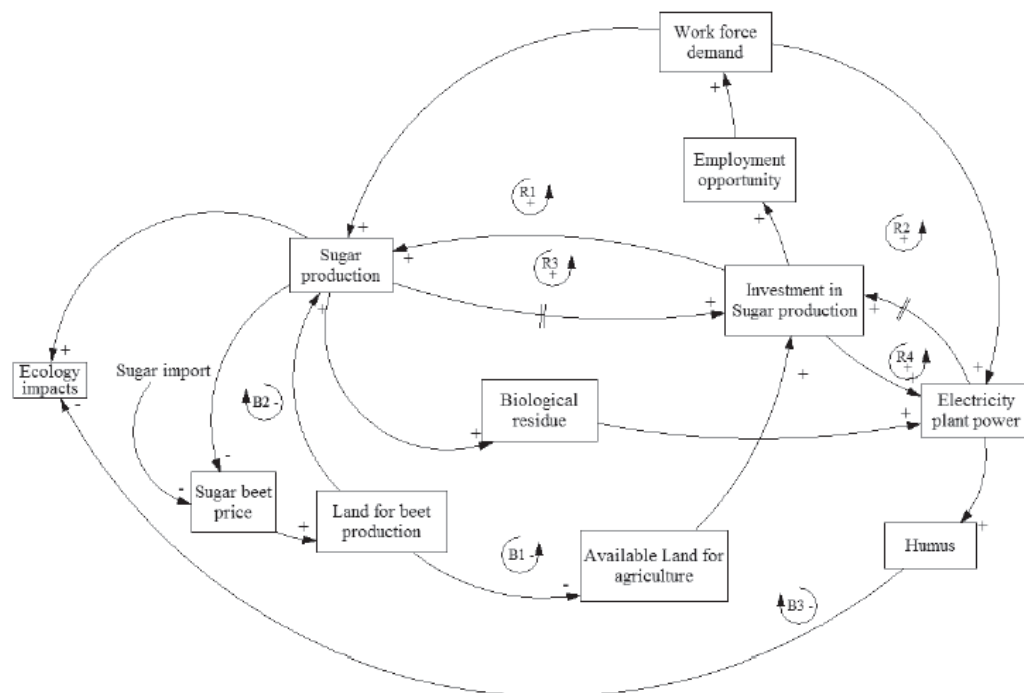


Gambar 2.8 *Causative Loop Diagram* Produksi Gula (Rozman et al., 2015)

Produksi gula yang berlebih akan dikurangi dan bit sisa produksi digunakan untuk mengolah ethanol yang berarti akan meningkatkan kesempatan kerja baru dan dapat mendorong perluasan lahan. Dan residu yang dihasilkan dapat digunakan untuk penambahan produksi listrik.

2.2.6 A System Dynamics Approach to Support Decision-Making Processes Sugar Beet Production: A System Dynamics Model and Economic Analysis – Organizacija (Rozman et al., 2014)

Metodologi sistem dinamik dipilih untuk memodelkan dampak investasi pabrik gula regional. Penelitian ini menyajikan dua konsep dasar dari model sistem dinamik di tingkat diagram lingkaran sebab akibat. Model holistik pertama berkaitan dengan perencanaan daerah pengembangan produk baru dan yang kedua berkaitan dengan model yang berkaitan dengan pengolahan pabrik. Model holistik menyajikan loop umpan balik utama dan dinamika unsur utama dalam kasus investasi daerah ke dalam industri gula. Model pabrik dianggap lebih spesifik dan dapat menggambarkan pengolahan bit dalam periode terbatas dan penyesuaian awal untuk kapasitas produksi pada awal musim produksi. Model yang dihasilkan digambarkan gambar 2.9.



Gambar 2.9 Causative Loop Diagram Produksi Gula (Rozman et al., 2014)

2.3 Pedoman Pengukuran Indikator Produksi dan Profitabilitas Pabrik Gula

Ada beberapa indikator pengukuran yang mempengaruhi permintaan, produksi dan profitabilitas. Indikator tersebut dijelaskan pada tabel 2.2.

Tabel 2.2 Pedoman Pengukuran Indikator Produksi dan Profitabilitas Pabrik Gula

Kategori	Indikator
Firm Profitability (Maiga et al., 2015)	Cost performance, Quality performance
Cost performance (Maiga et al., 2015)	Materials cost, Labor cost, Overhead cost, Nonmanufacturing cost.
Quality performance (Maiga et al., 2015)	Finished product first pass quality yield in percentage term (Rendement), Rework as a percentage of sales, Our internal (before shipping) product performance tests (ICUMSA).
Production (Narayan and Prasad, 2003)	Quality cane payment, mill production costs, capacity plan, cane delivery time, pay system for transport.
Permintaan (Bantacut, 2013)	Tonage of Sugar Production and Sugar Consumption

Profitabilitas menurut Maiga et al., (2015) merupakan efek dari performa pembiayaan. Profitabilitas mempunyai indikator pengukuran return on sales,

turnover on assets, return on assets. Performa dari kualitas mempengaruhi pembiayaan, sedangkan faktor yang mempengaruhi produksi gula adalah pembiayaan kualitas tebu, waktu pengiriman tebu, dan sistem pembiayaan pengiriman tebu. Untuk menjabarkan beberapa indikator yang berpengaruh terhadap produksi dan profitabilitas berdasarkan beberapa penelitian, antara lain:

2.3.1 Pedoman Pengukuran Indikator Transportasi Tebu

Beberapa penelitian terkait yang membahas indikator transportasi tebu dari lahan ke pabrik gula yang dijabarkan pada tabel 2.3

Tabel 2.3 Pedoman Pengukuran Indikator transportasi tebu dari lahan ke pabrik gula

Penelitian	Keterangan
(Lejars et al., 2008)	Default season length, Cane Quality,
(Milan et al., 2006)	- Capacity of transportation by road transportation - Production of sugar cane fields

Setelah tebu dikirim ke pabrik gula selanjutnya tebu akan dicacah dan diproses menjadi gula.

2.3.2 Pedoman Pengukuran Indikator Perencanaan Kapasitas

Di dalam perencanaan kapasitas, variabel yang diukur menurut pendapat dari beberapa penelitian, antara lain:

Tabel 2.4 Pedoman Pengukuran Indikator Perencanaan Kapasitas Produksi

Penelitian	Keterangan
(Lejars et al., 2010)	weekly delivery allocation, maximum capacity or design capacity
(Milan et al., 2006)	- Supply cane to mill for working day - Capacity of storage facilities - Conservation of flow through storage capacities
(Suryani et al., 2010)	National Demand : GDP Growth, Construction Growth, Effect of GDP Investment Construction Growth, Investment Growth

2.3.3 Pedoman Pengukuran Indikator Pengolahan Pabrik Gula

Di dalam pengolahan tebu yang ada di area emplacement Pabrik Gula variabel yang ada menurut pendapat dari beberapa penelitian, antara lain:

Tabel 2.5 Pedoman Pengukuran Indikator Pengolahan Gula

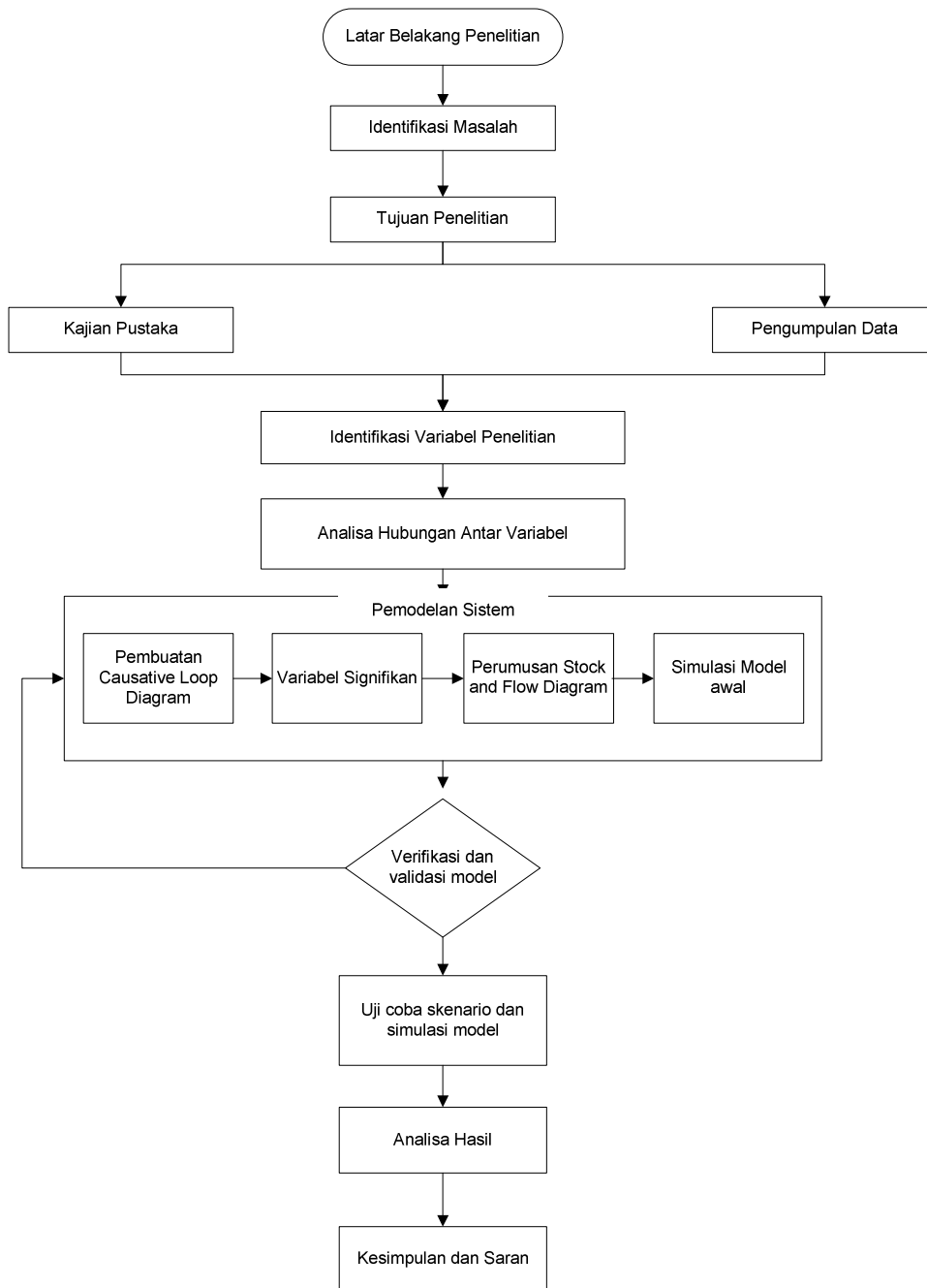
Kategori	Indikator
(Rozman et al., 2015)	production capacity, estimated demand, and stock of sugar production, sales diminish the »sugar stock«. In contrast, the »demand« influences the »desired roduction
(Georgiadis, 2013)	Firm's Demand, Investment in Production Capacity, Investment in Production Capacity, Desired Production Capacity, Production Rate, Recycled Materials, Reprocessing Rate, growth in the market demand for end-products, the producer places increased Orders to Third Party
(Vlachos et al., 2007)	Percentage of return, operates on the rate of recycling, Product demand (Demand) is defined by the forecast of total market demand. With a delay, the expected demand guides all capacity planning of forward supply chain.

(Halaman sengaja dikosongkan)

BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab metodologi penelitian ini akan membahas tahapan penelitian yang akan dilakukan. Adapun tahapan penelitian diilustrasikan pada gambar 3.1



Gambar 3.1 Metodologi Penelitian

Latar belakang penelitian, identifikasi masalah dan rumusan masalah telah dijelaskan sebelumnya pada bab 1. Kajian pustaka sebelumnya telah dijabarkan pada bab 2, sehingga bahasan selanjutnya dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

3.1 Pengumpulan Data

Pada tahapan pengumpulan data dilakukan pengamatan kondisi nyata yang terjadi saat produksi gula di PT. Perkebunan Nusantara X. dari hasil pengamatan diharapkan mendapatkan variabel signifikan atau variabel pembantu yang akan digunakan untuk memodelkan sistem pengolahan gula di PT. Perkebunan Nusantara X.

3.2 Variabel Penelitian

Variabel yang diukur dalam penelitian ini mencakup 2 jenis variabel, antara lain:

3.2.1 Variabel Independen

Variabel independen yang digambarkan pada *causative diagram* lebih jelasnya adalah sebagai berikut:

- a. Tonage Vehicle In
Total keseluruhan beban muatan kedatangan truk atau kendaraan bermuatan tebu ke area pengolahan (pabrik gula) dan dihitung dalam satuan ton.
- b. Tonage Vehicle Out
Total keseluruhan beban muatan saat truk atau kendaraan bermuatan tebu keluar dari area pengolahan (pabrik gula) dan dihitung dalam satuan ton.
- c. Harvested Area Distance
Jarak antara lahan dan area pengolahan tebu dengan memperhitungkan tingkat kemacetan dan surat perjanjian jual beli tebu.
- d. Per-Capita Sugar Consumption Growth
Perhitungan tingkat konsumsi gula nasional
- e. Population Growth
Total keseluruhan pertumbuhan penduduk per tahun.
- f. Valas
Nilai tukar mata uang saat impor gula

- g. Amount of Water
Jumlah debit air untuk penjernihan produksi gula
- h. As Usual Demand
Jumlah permintaan gula berdasarkan perkembangan permintaan.
- i. GDP Growth
Peningkatan pendapatan kotor yang diperoleh warga negara

3.2.2 Variabel Dependen

Variabel dependen yang digambarkan pada causative diagram lebih jelasnya adalah sebagai berikut:

- a. Sugar Quality
Merupakan kualitas gula yang sangat dipengaruhi oleh bahan, mesin, jumlah debit air dan proses produksi
- b. Sugar Price
Harga gula akan sangat dipengaruhi oleh mekanisme pasar karena belum tercapainya swasembada gula nasional. Mekanisme pasar yang dimaksud adalah permintaan gula impor, harga gula impor, total biaya produksi dan jumlah gula yang dihasilkan selama musim giling tebu.
- c. Total Cane Delivery
Jumlah total pengiriman tebu dari lahan yang masuk di area pabrik gula akan sangat dipengaruhi oleh kapasitas kendaraan dan infrastruktur lain saat pengiriman tebu dari lahan menuju ke pengolahan.
- d. Total Production Cost
Total seluruh biaya dari biaya ongkos tenaga kerja, biaya perawatan mesin, biaya boiler untuk pembangkit listrik, dan biaya tak terduga lain. Kondisi sekarang yang ada pada PT. Perkebunan Nusantara X dengan memangkas biaya untuk proses produksi dengan mengurangi karyawan pada saat musim giling karena dianggap pengeluaran terbesar adalah dari pembiayaan tenaga kerja. Sedangkan untuk pembiayaan selanjutnya akan dibahas pada saat skenarioisasi.

e. Investment On Machine and Material

Investasi pada mesin dan material sangat dipengaruhi oleh unsur *lost* produksi gula. Dan tujuan dari investasi akan meningkatkan produksi dan meningkatkan kualitas gula.

f. Demand

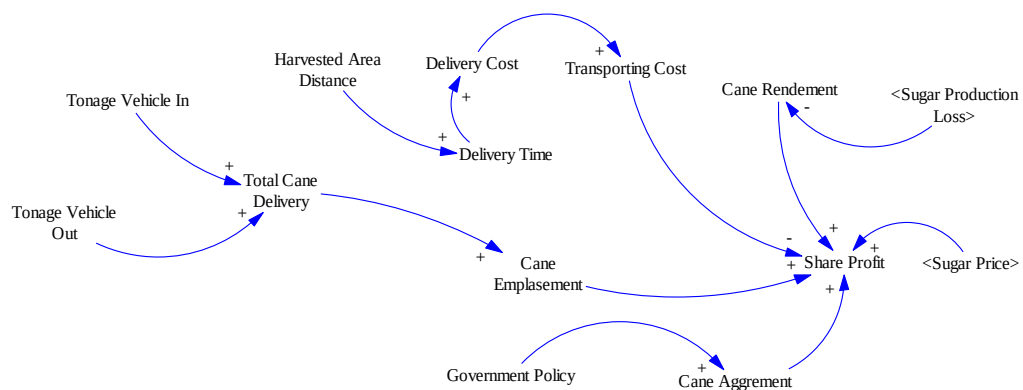
Permintaan yang dipengaruhi oleh konsumsi gula dalam negeri dan konsumsi industri gula nasional. Konsumsi gula nasional dipengaruhi oleh pertumbuhan penduduk dan rata – rata konsumsi gula pertahun.

3.3 Pemodelan Simulasi

Untuk Memodelkan suatu sistem terlebih dahulu harus dicari hubungan kausal (sebab akibat). Hubungan kausal tersebut dapat digambarkan dalam Causative loop diagram berikut:

3.4 Causative Loop Diagram

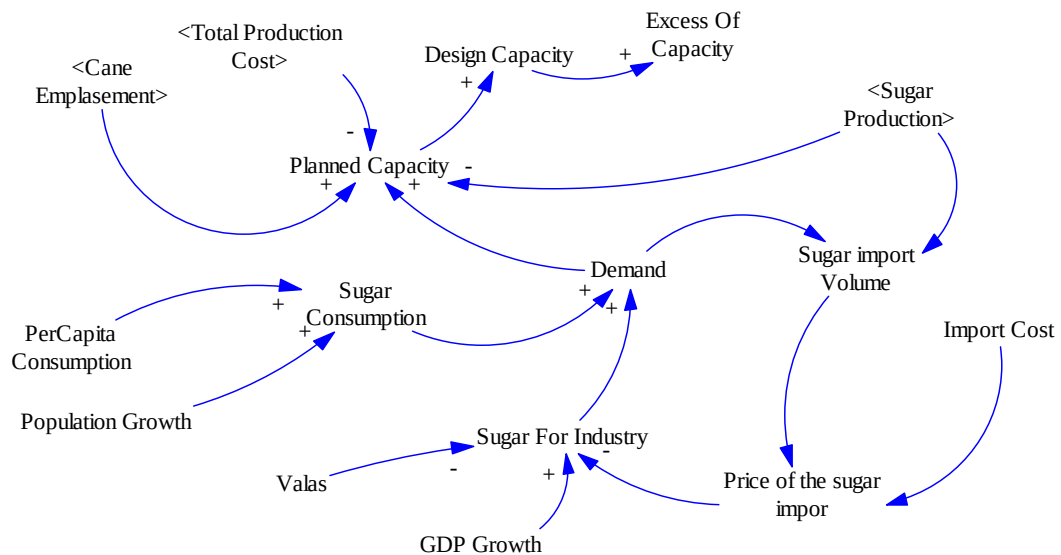
Causative loop yang terbentuk dibagi menjadi 3 tahapan, yaitu pada saat pengiriman tebu sampai ke pabrik gula untuk diolah pada gambar 3.2, pengolahan tebu menjadi gula dan konsep *closed-loop supply chain* yang mempengaruhi kapasitas pengolahan kembali menjadi bahan bakar listrik diilustrasikan pada gambar 3.3, serta konsep faktor permintaan yang mempengaruhi kapasitas produksi yang diilustrasikan pada gambar 3.4.



Gambar 3.2 Pengiriman tebu sampai ke pabrik gula (Lejars et al., 2008; Milan et al., 2006)

Alur pengiriman tebu berawal dari tebu yang datang pada saat musim giling dan panen tebu. Tonase dan jumlah biaya yang dikeluarkan tergantung dari jenis kendaraan angkutan tebu pada saat masuk dan keluar di area *emplacment* (Lejars et al., 2008; Milan et al., 2006). Tebu yang berada di area *emplacment* tebu

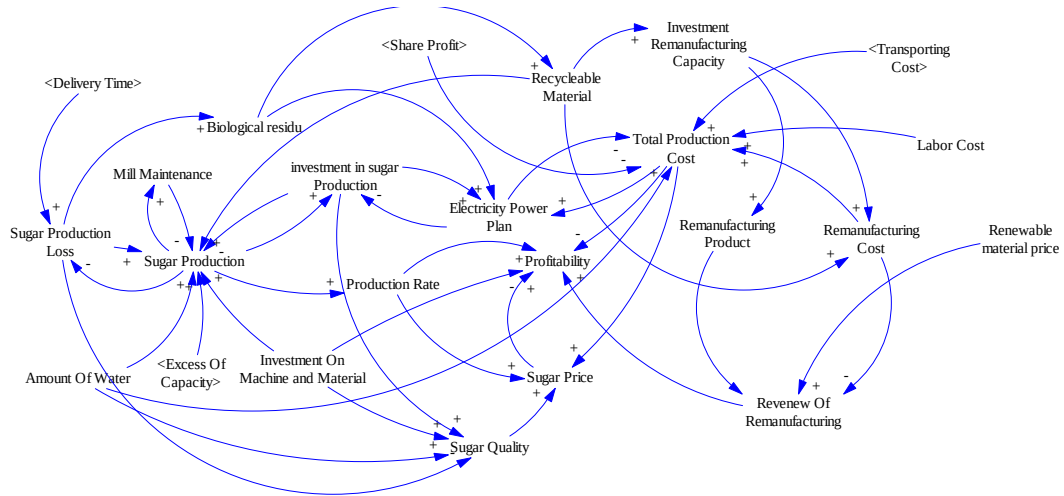
merupakan tebu siap olah dan dilanjutkan dengan proses pengolahan gambar 3.4. Sedangkan untuk perhitungan penambahan kapasitas akan diilustrasikan pada gambar 3.3



Gambar 3.3 Alur faktor permintaan (Narayan and Prasad, 2003; Suryani et al., 2010)

Alur perencanaan kapasitas produksi diukur dari permintaan. Perhitungan permintaan (Suryani et al., 2010) diperoleh dari pertumbuhan pendapatan asli daerah (GDP Growth), pertumbuhan penduduk (Narayan and Prasad, 2003) permintaan tambahan (Suryani et al., 2010) dan permintaan seperti tahun berjalan (Das and Dutta, 2013) dan sebelumnya selain itu rancangan kapasitas maksimal juga harus memperhitungkan jumlah tebu yang ada pada area emplacements. Standar yang ditetapkan oleh PT. Perkebunan Nusantara X kapasitas harian dari sisa produksi tidak lebih dari 10 %. Dari jumlah tebu yang sudah berada di area emplacements masuk ke dalam cane carrier atau disebutkan dalam diagram ialah kapasitas produksi yang direncanakan dan diilustrasikan pada gambar 3.4. setelah dari proses pengolahan maka ada sisa produksi yang keluar dan dapat diolah kembali, yaitu ampas tebu yang digunakan untuk penambahan pembakaran di boiler untuk tenaga listrik (Rozman et al., 2015) dan juga diolah menjadi gula atau diolah menjadi gula tetes. Proses pengolahan kembali ini yang disebut *closed-loop*

supply chain karena bahan pembentuk dan pengolahannya berada di satu



Gambar 3.4 Alur Pengolahan Tebu dan *Closed-Loop Supply Chain* (Georgiadis, 2013; Vlachos et al., 2007)

perusahaan dan menggunakan proses pengolahan kembali dari sisa produksi (Georgiadis, 2013; Vlachos et al., 2007). Keuntungan dari perencanaan kapasitas dan proses produksi dialokasikan untuk investasi di bidang mesin dan juga bahan produksi, terutama pergantian *belt conveyor* untuk mesin giling sedangkan mesin lain melihat kondisi *existing* dan keuangan perusahaan. Dari ketiga gambar model kausal yang telah dijelaskan maka gambar diagram kausal yang terbentuk dapat diilustrasikan pada gambar 3.5.

3.4.1 Perumusan Stock and Flow Diagram

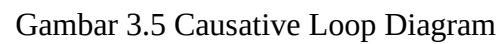
Setelah membuat *causative loop* langkah selanjutnya adalah merumuskan stock and flow diagram dengan tujuan untuk membuat scenario sistem yang ada.

3.4.2 Pemodelan Simulasi Awal

Pada tahapan ini model diujicobakan dengan melakukan running test percobaan pada software Vensim 5.10.

3.5 Verifikasi dan Validasi Data

Verifikasi dan validasi data ditentukan dengan menggunakan uji statistika untuk verifikasi dan uji perbandingan amplitud untuk validasi. Verifikasi adalah pemeriksaan model simulasi konseptual (diagram alur dan asumsi) ke dalam Bahasa pemrograman secara benar (Kelton, 2000). Verifikasi model adalah proses pengecekan terhadap model apakah sudah bebas dari error. Hasil model yang telah



dibuat selanjutnya adalah dilengkapi jika terdapat rumus atau formula khusus. Setelah formula dilengkapi, maka model bisa divalidasi.

Validasi model adalah proses pengujian apakah model yang dibangun sudah sesuai dengan sistem nyata yang disimulasikan (Barlas, 1989b). Validasi model dilakukan untuk menguji substansi model apakah sesuai dengan tujuan yang ingin dicapai. Pada penelitian ini, cara yang digunakan untuk validasi adalah melalui behavior validity test, yaitu fungsi yang digunakan untuk memeriksa apakah model yang dibangun mampu menghasilkan tingkah laku (behavior) output yang diterima.

3.6 Melakukan Skenario dan Simulasi Skenario

Langkah-langkah yang ditempuh untuk kondisi terkini perusahaan adalah:

- a. Mengurangi karyawan kampanye, yang dimaksud dengan karyawan kampanye pada pabrik gula adalah karyawan harian lepas dengan upah menurut jam kerja perhari.
- b. Melakukan upgrade rantai pada boiler secara berkala tiap tahun pada saat di luar musim giling padi, sedangkan untuk evaporator mengikuti kondisi keuangan perusahaan, utilitas mesin dan jumlah sisa tebu yang dapat diolah perharinya.
- c. Melakukan pembersihan saluran dan penambahan saluran air baru pada tiap pabrik gula.
- d. Menggunakan tebu yang sudah diperas untuk diolah menjadi pupuk kompos.

Penyusunan skenario dilakukan setelah model divalidasi, skenario dilakukan untuk memperbaiki kinerja sistem sesuai dengan yang diinginkan. Jenis skenario adalah sebagai berikut:

1. Skenario parameter

Skenario parameter dilakukan dengan mengubah nilai parameter model, nilai parameter yang diubah tersebut akan menyebabkan output model juga berubah. Perubahan pada model akan diamati dan dianalisis kembali karena terdapat informasi tentang perubahan yang akan terjadi terhadap

sistem nyata jika perubahan itu benar benar dilakukan. Langkah – langkah yang akan dilakukan adalah:

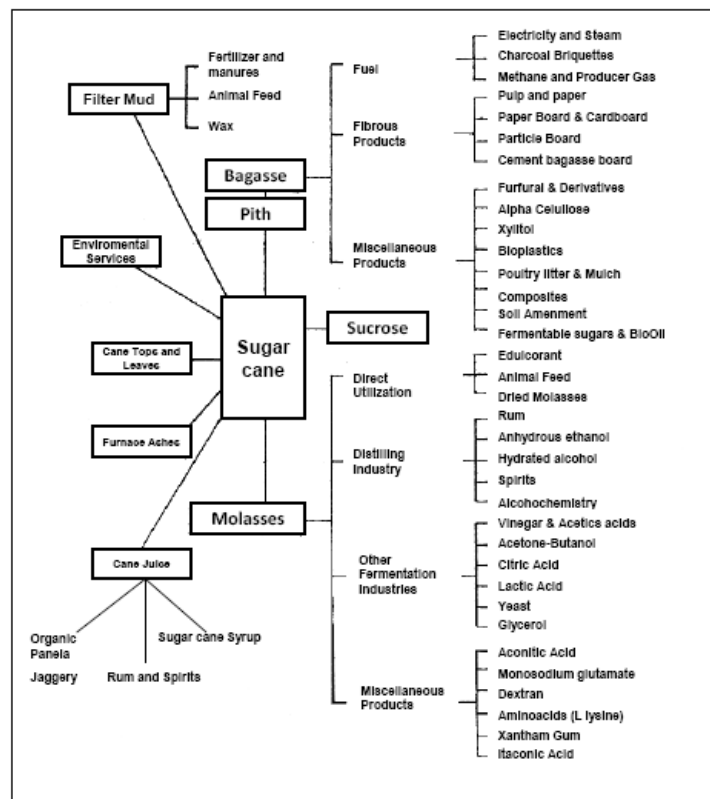
- a. Merubah parameter komponen biaya produksi dengan mengoptimalkan biaya pegawai dan menambah insentif jika target produksi berhasil tercapai.
- b. Meningkatkan atau mengurangi investasi pada mesin-mesin tua dengan pertimbangan keuntungan perusahaan.
- c. Menambahkan atau mengurangi Hak Guna Usaha untuk meningkatkan pasokan tebu
- d. Penambahan atau pengurangan investasi pada mesin dan peralatan yang lebih baru

2. Skenario Struktur

Skenario struktur dilakukan dengan cara mengubah struktur dari model. Skenario ini memerlukan pengetahuan yang cukup mengenai sistem, atau harus menguasai sistemnya secara global agar struktur baru dapat diusulkan untuk memperbaiki kinerja sistem. Langkah-langkah yang dilakukan adalah:

- a. Bagi hasil yang digunakan acuan tidak hanya berdasarkan tingkat rendement gula saja tapi juga berasal dari produk *remanufacturing* nya.
- b. Penambahan sarana *loading station* yang dekat dengan lahan tebu untuk emplacement tebu dan menghindari empasement tebu di dalam pabrik gula.
- c. Investasi produk remanufacturing seperti *ethanol*, papan (*board*) untuk usaha kecil dan menengah dan pertimbangan produk turunan tebu lain seperti pada gambar 3.6.

Setelah penyusunan skenario maka selanjutnya adalah eksperimen dimana hasil output simulasi akan dianalisa.



Gambar 3.6 Produk turunan produksi tebu (Aguilar et al., 2012)

3.7 Analisa dan Pembahasan Hasil Simulasi Skenario

Dari hasil pengamatan langsung di PTPN dan penelitian sebelumnya terkait produktifitas tebu kemudian dipelajari secara mendalam. Dan didapatkan informasi terkait topik yang akan diteliti. Informasi tersebut berupa variabel pendukung penelitian, kelebihan dan kelemahan penelitian yang nantinya akan dilengkapi pada penelitian ini sebagai kontribusi.

3.8 Kesimpulan dan Saran

Menyimpulkan hasil uji coba dan memberikan saran – saran penelitian yang akan datang.

(Halaman sengaja dikosongkan)

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penerapan metodologi penelitian pada bab 3, akan dijelaskan pada bab ini. Tahapan pertama yang harus dilakukan adalah pengumpulan data untuk dianalisa dan menentukan variabel yang akan dilibatkan kedalam model dasar (*basemodel*). Tahapan berikutnya adalah melakukan analisa faktor permintaan yang berpengaruh terhadap perencanaan kapasitas. Pengembangan stock and flow diagram merupakan tahapan berikutnya dan merupakan pengembangan lanjut dari diagram hubungan causal (*causal loop diagram*) yang sudah dibuat di Bab 3 sesuai dengan tujuan dan batasan masalah yang sudah ditentukan di bab I.

Uji coba model dilakukan dengan cara mensimulasikan, kemudian hasilnya diolah menggunakan bantuan Microsoft excel untuk dilakukan validasi hasil, tujuannya adalah untuk melakukan pengecekan terhadap model yang telah dibuat sudah sesuai dengan kondisi sistem saat ini dengan membandingkan data hasil simulasi dengan data histori/nyata. Setelah model dinyatakan valid, kemudian dilakukan analisa untuk pengembangan usulan scenario yang akan ditambahkan ke dalam model dalam upaya optimasi atau perbaikan terhadap sistem.

4.1. Ruang Lingkup Data Penelitian

Pada penelitian ini menggunakan data yang diambil dari 13 pabrik gula yang dikelola secara terintegrasi oleh PT.Perkebunan Nusantara X dan data dari Badan Pusat Statistik, Dewan Gula Indonesia dan Departemen Pertanian.

4.2. Data Larutan Gula

Kualitas gula yang dihasilkan oleh pabrik gula diukur dari hasil larutan gula yang diperoleh semakin pekat larutan akan semakin baik kualitas gula yang dihasilkan. Untuk memudahkan pengukuran kualitas dan kepekatan gula dilakukan uji kimia dan menghasilkan satuan yang disebut dengan nilai ICUMSA (International Commission for Uniform Methods of Sugar Analysis). Standar Nasional Indonesia (SNI) memberikan standar angka dibawah 200. Semakin

tinggi angka ICUMSA suatu produk gula yang dihasilkan maka kualitas gula yang dihasilkan akan semakin jelek. Data nilai ICUMSA produksi gula di PT. Perkebunan X ada pada tabel 4.1.

Tabel 4.1 Data nilai ICUMSA gula berdasarkan pabrik gula

Tahun	Nilai ICUMSA
1999	235.58
2000	228.71
2001	220.96
2002	244.66
2003	238.11
2004	212.93
2005	213.67
2006	236.39
2007	241.82
2008	197.02
2009	127.34
2010	157.47
2011	163.48
2012	185.84
2013	197.53
2014	253.82
2015	171.15
2016	153.23

Berdasarkan data yang diperoleh, nilai ICUMSA terus bervariasi, ada sebagian pabrik gula yang mengalami peningkatan. Akan tetapi ada beberapa pabrik gula yang mengalami penurunan kualitas. Penyebabnya adalah penambahan volume produksi sehingga kualitas gula yang dihasilkan juga akan menurun karena penumpukan tebu yang akan digiling. Ada pula pabrik gula yang mengganti metode yang mulanya menggunakan metode difusifikasi sulfitasi beralih menjadi rafinasi. Hal ini bertujuan untuk menambah nilai ICUMSA agar produk yang dihasilkan mampu bersaing dengan perusahaan swasta nasional yang ada di dalam negeri.

4.3 Data Produksi

Di dalam melakukan penelitian ini ada beberapa data yang telah didapatkan dalam proses produksi dari 13 pabrik gula di PT. Perkebunan Nusantara X diantaranya data produksi, laba perusahaan, harga gula, ME dalam

%, BHR dalam %, OR dalam %, Rendemen dalam %, Pol Tebu (%), Biaya Produksi (Rp Juta), Biaya Tanam Tebu (Rp Juta), Biaya Produksi Gula (Rp/Kg), Laba Sebelum Pajak Pabrik Gula (Rp Juta), Pendapatan Pabrik Gula (Rp Juta), Harga Gula (Rp/Kg), Jumlah Produksi Gula (Ton), Jumlah Hari Giling (hari), Kapasitas Giling Incl (TCD). Semuanya ada pada tabel 4.2

Tabel 4.2 Data produksi dari 13 pabrik gula PT. Perkebunan Nusantara X

Tahun.	Biaya Produksi (Rp/Juta)	Biaya Pokok Produksi Gula (Rp/Kg)	Pendapatan Pabrik Gula (Rp Juta)	Harga Gula (Rp/Kg)	Jumlah Produksi Gula (Ton)
1999	3888586.7	3473.318	1850001.0	5103	1488599
2000	3528440.8	4024.987	1204832.5	5507	1690667
2001	6935252.8	3902.403	1900495.5	5197	1725467
2002	9658104.9	4043.739	1438182.8	4710	1755354
2003	9177726.2	4283.093	3269210.2	5957	1631918
2004	10493807.4	5026.259	7667647.1	5549	2051644
2005	6972942.5	4616.395	2543739.7	6212	2241742
2006	11512627.7	4746.156	4773892.3	6741	2051644
2007	5778964.3	4575.269	3736253.2	7568	2623786
2008	18053084.0	5431.287	8963488.6	8137	2551513
2009	15871206.0	5195.304	10273654.0	8773	2333885
2010	18452821.5	5304.929	15524307.6	9856	2288735
2011	14198920.1	5796.126	12459048.5	10819	2244154
2012	14220347.5	5899.568	13187222.9	11561	2592561
2013	13921730.8	5884.354	14715359.0	12341	2553551
2014	17901423.3	5604.949	18691376.8	11583	2575392
2015	16194617.4	5802.694	16947026.5	12071	2534872
2016	18938911.6	5895.086	24096998.0	13517	2435650

Sumber : PT. Perkebunan Nusantara X

ME atau *milling extraction* adalah kemampuan gilingan untuk mencacah tebu. Sedangkan BHR atau *boiling house recovery* adalah kemampuan untuk proses gula/efisiensi dan OR atau *overall recovery* adalah kemampuan pabrik gula untuk menghasilkan gula. *Overall recovery* merupakan data yang menyatakan efisiensi pabrik gula.

Tabel 4.3 Data Losses Gula pada Pabrik Gula

Tahun	ME (%)	BHR (%)	OR (%)	Pol (%)	Rendemen (%)	Loses (%)
1999	85.92	75.27	90.12	6.96	85.92	2.63
2000	86.01	74.30	90.05	7.05	9.71	2.66
2001	90.40	91.00	84.27	8.73	6.50	2.23
2002	90.60	91.13	84.72	8.92	6.67	2.25
2003	90.00	91.63	83.64	8.90	6.57	2.33
2004	89.90	91.27	83.62	9.46	7.00	2.46
2005	90.54	89.52	84.57	8.57	6.35	2.22
2006	90.13	90.30	75.76	8.79	6.56	2.23
2007	88.50	82.81	79.96	8.28	5.54	2.74
2008	90.71	83.65	83.56	8.90	6.71	2.19
2009	90.15	88.75	83.68	9.05	6.55	2.50
2010	86.24	85.26	75.59	8.35	5.14	3.21
2011	91.90	81.39	74.80	10.58	7.95	2.63
2012	92.23	82.46	76.05	10.70	8.14	2.56
2013	92.53	78.16	72.32	9.80	7.19	2.61
2014	93.01	79.68	74.10	10.28	7.65	2.63
2015	93.93	81.81	76.84	10.79	8.30	2.49
2016	82.20	75.85	92.63	7.75	10.24	2.37

Sumber : Dewan Gula Indonesia (data diolah)

Tabel 4.3 adalah data yang diambil dari Dewan Gula Indonesia tahun 2005 yang menampilkan keseluruhan kinerja dan efisiensi pabrik gula. Semakin kecil losses(kehilangan sukrosa) gula maka capaian kinerja pabrik gula akan semakin tinggi. Untuk memperoleh nilai losses adalah jumlah rendemen dikurangi dengan pol tebu. Dimana rendemen adalah nilai yang didapat dari suatu alat untuk pengukuran rendemen yang hasil akhirnya juga sangat ditentukan dari efisiensi proses pengolahan gula.

4.2.1 Analisa Pol Tebu

Proses produksi gula tebu dimulai dengan mencacah bahan baku tebu. Setelah tebu dicacah dan diperah di gilingan menghasilkan nira dan ampas. Nira tebu pada dasarnya terdiri dari dua zat, yaitu zat padat terlarut dan air. Zat padat yang terlarut ini terdiri dari dua zat lagi yaitu gula dan bukan gula. Baik buruknya

kualitas nira tergantung dari banyaknya jumlah gula yang terdapat dalam nira. Untuk mengetahui banyaknya gula yang terkandung dalam gula lazim dilakukan analisa pol tebu. Kadar pol menunjukkan resultante dari gula (sukrosa dan gula reduksi) yang terdapat dalam nira. Banyak faktor yang mempengaruhi proses untuk memerah tebu menjadi nira agar kandungan pol tebu tetap terjaga. Faktor yang digunakan untuk melakukan analisa pol tebu adalah persentase ME atau *milling extraction* dan BHR atau *Boiling House Recovery* dan besaran rendemen yang terkandung di dalam tebu. Besaran rendemen bergantung pada faktor nira dalam tebu seperti jenis tanaman, kualitas pupuk, lama pengiriman dan cara panen yang dilakukan. Untuk mengetahui nilai tebu dilakukan uji regresi terhadap ketiga faktor tersebut, hasilnya dapat dilihat pada tabel 4.4, 4.5 dan 4.6.

Tabel 4.4 Tabel Faktor yang Mempengaruhi Pol Tebu

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.889 ^a	.791	.763	.40030

a. Predictors: (Constant), Overall_Recovery, Milling_Extraction

Berdasarkan keluaran (*output*) SPSS pada tabel 4.4 dapat dikatakan bahwa ada hubungan secara langsung antara pol tebu dengan persentase rendemen tebu dan OR atau *overall recovery*. Nilai R pada keluaran spss menunjukkan nilai korelasi atau hubungan antara pol tebu dengan persentase rendemen gula dan OR atau *overall recovery* sebesar 0.889. Sedangkan koefisien determinasi atau R kuadrat (R square) menunjukkan bahwa nilai *trust*/variabel bebas untuk mempengaruhi variabel terikat sebesar 0.79. Dengan kata lain persentase ME atau *milling extraction* dan OR atau *overall recovery* dapat mempengaruhi nilai pol tebu sebesar 79% sedangkan sisanya dapat dipengaruhi oleh variabel lain. Standart eror dari hasil regresi linier bernilai 0.43964 lebih kecil jika dibandingkan dengan nilai standar deviasi dari pol tebu yakni 0.870886248. Derajat kepercayaan yang digunakan adalah 0,05. Apabila nilai F hasil perhitungan lebih besar daripada nilai F menurut tabel maka hipotesis alternatif, yang menyatakan bahwa semua variabel independen secara simultan berpengaruh signifikan terhadap variabel dependen. Untuk mengetahui pengaruh simultan

antar variabel dilakukan uji ANNOVA (*Annalysis of Variance*). Hasilnya ditunjukkan pada tabel 4.5.

Tabel 4.5 Tabel Hasil ANNOVA Pol tebu

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	9.096	2	4.548	28.381	.000 ^a
	Residual	2.404	15	.160		
	Total	11.499	17			

a. Dependent Variable: Pol_Tebu

b. Predictors: (Constant), Overall_Recovery, Milling_Extraction

Dari tabel 4.5 diperoleh nilai F_{hitung} sebesar 28.381 dengan nilai probabilitas (sig)=0,000^b. Nilai F_{hitung} (28.381)> F_{tabel} (3,69), dan nilai sig . lebih kecil dari nilai probabilitas 0,05 atau nilai 0,000^b<0,05; maka H_1 diterima, berarti secara bersama-sama (simultan) rendemen gula, *boiling house recovery* dan *milling extraction* berpengaruh signifikan terhadap pol tebu. untuk mengetahui variabel independen secara parsial berpengaruh nyata atau tidak terhadap variabel dependen digunakan uji t. Derajat signifikansi yang digunakan adalah 0,05. Apabila nilai signifikan lebih kecil dari derajat kepercayaan maka kita menerima hipotesis alternative dan menyatakan bahwa variabel independen secara parsial mempengaruhi variabel dependen.

Tabel 4.6 Tabel Hasil Pengujian Parsial Faktor Pol Tebu

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	-15.073	5.902		-2.554	.022
	Milling_Extraction	.329	.057	.712	5.785	.000
	Overall_Recovery	-.067	.022	-.370	-3.006	.009

a. Dependent Variable: Pol_Tebu

Tabel 4.6 menunjukkan bahwa semua variabel bebas memiliki nilai nol (0) maka nilai variabel terikat (pol tebu) akan naik sebesar 23.464. Nilai koefisien *milling extraction* atau ME (X_1) sebesar 5.785. Hal ini mengandung arti bahwa setiap kenaikan persentase milling extraction sebesar satu persen maka persentase pol tebu (Y) akan naik sebesar 5.785 dengan asumsi bahwa variabel bebas yang lain dari model regresi adalah tetap. Variabel lain yaitu *overall recovery* (X_2) memiliki nilai yang berlawanan dengan persentase nilai pol tebu. Nilai ME (X_2) ialah -3.006, ini berarti setiap kenaikan satu satuan nilai dari pol tebu maka pabrik

gula dapat mengurangi nilai dari pol tebu sebesar 3.006 dengan asumsi bahwa nilai variabel bebas yang lain dari model regresi adalah tetap. Hasil dari uji t adalah:

1. *Milling extraction* atau ME terhadap pol tebu (Y)

Terlihat pada kolom Coefficients model 1 terdapat nilai sig 0,000. Nilai sig lebih kecil dari nilai probabilitas 0,05, atau nilai $0,05 > 0,000$, maka H1 diterima dan H₀ ditolak. Variabel X₁ mempunyai thitung yakni -5.772 dengan ttabel = 2,10092. Jadi thitung < ttabel dapat disimpulkan bahwa variabel X₁ tidak memiliki kontribusi terhadap Y. Nilai t positif menunjukkan bahwa variabel X₁ mempunyai hubungan yang berlawanan arah dengan Y. Jadi dapat disimpulkan *Boiling House Recovery* memiliki berpengaruh signifikan terhadap pol tebu.

2. *Overall Recovery* (X₂) terhadap pol tebu (Y)

Terlihat pada kolom Coefficients model 1 terdapat nilai sig 0.000. Nilai sig lebih kecil dari nilai probabilitas 0.05, atau nilai $0,05 > 0.000$, maka H1 diterima dan Ho ditolak. Variabel X₂ mempunyai thitung yakni -4.536 dengan ttabel=2.10092. Jadi $-(ttabel) < thitung < ttabel$ dapat disimpulkan bahwa variabel X₂ memiliki kontribusi terhadap Y. Nilai t negatif menunjukkan bahwa X₂ mempunyai hubungan yang tidak searah dengan Y. Jadi dapat disimpulkan rendemen gula memiliki pengaruh signifikan terhadap pol tebu.

Berdasarkan tabel 4.9 dapat diperoleh rumus regresi sebagai berikut:

$$Y = (-15.073) + 0.329X_1 - 0.067X_2 \dots\dots\dots (4.1)$$

Dimana:

Y = Pol tebu

a = konstanta

X₁= Milling Extraction

X₂= Overall Recovery

4.2.3 Analisa Rendemen Tebu

Untuk menghasilkan gula dalam 1kg tebu, faktor yang menentukan adalah tingkat atau besaran rendemen gula yang terkandung dalam tebu itu sendiri. Besaran rendemen dipengaruhi oleh banyak faktor diantaranya adalah kapasitas giling, efisiensi giling dalam pabrik gula, kualitas dan jenis bibit tebu yang

digunakan. Dalam proses produksi gula, kandungan rendemen dapat dipengaruhi oleh faktor kinerja ekstraksi gilingan dan efisiensi sehingga total rendemen akan meningkat. Faktor yang mempengaruhi rendemen gula di dalam proses pengolahan tebu yaitu persentase BHR atau *Boiling House Recovery* dan pol tebu yang dapat dilihat pada tabel 4.7, 4.8 dan 4.9.

Tabel 4.7 Tabel Faktor yang Mempengaruhi Rendemen Gula

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.994 ^a	.987	.985	.10389

a. Predictors: (Constant), Milling_Extraction, Boiling_House_Recovery, Pol_Tebu

Berdasarkan keluaran (*output*) SPSS pada tabel 4.7 dapat dikatakan bahwa ada hubungan secara langsung antara pol tebu, boiling house recovery, milling extraction dengan tingkat rendemen gula. Nilai R pada keluaran spss menunjukkan nilai korelasi atau hubungan antara tingkat rendemen gula dengan boiling house recovery, milling extraction dan pol tebu sebesar 0.994. Sedangkan koefisien determinasi atau R kuadrat (R square) menunjukkan bahwa nilai *trust*/variabel bebas untuk mempengaruhi variabel terikat sebesar 0.987. Dengan kata lain boiling house recovery, milling extraction dan pol tebu dapat mempengaruhi nilai nilai rendemen gula sebesar 98% sedangkan sisanya dapat dipengaruhi oleh variabel lain. Standart eror dari hasil regresi linier bernilai 0.10389 lebih kecil jika dibandingkan dengan nilai standar deviasi dari rendemen tebu yakni 0.889028545. Derajat kepercayaan yang digunakan adalah 0,05. Apabila nilai F hasil perhitungan lebih besar daripada nilai F menurut tabel maka hipotesis alternatif, yang menyatakan bahwa semua variabel independen secara simultan berpengaruh signifikan terhadap variabel dependen. Untuk mengetahui pengaruh simultan antar variabel dilakukan uji ANNOVA (*Annalysis of Variance*). Hasilnya ditunjukkan pada tabel 4.8.

Tabel 4.8 Tabel Hasil ANNOVA Rendemen Tebu

Model	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1 Regression	11.692	3	3.897	361.100	.000 ^b
Residual	.151	14	.011		
Total	11.843	17			

a. Dependent Variable: Rendemen_Sugar

b. Predictors: (Constant), Milling_Extraction, Boiling_House_Recovery, Pol_Tebu

Dari tabel 4.8 diperoleh nilai F_{hitung} sebesar 361.100 dengan nilai probabilitas (sig)=0,000^b. Nilai F_{hitung} (361.100) > F_{tabel} (3,69), dan nilai sig. lebih kecil dari nilai probabilitas 0,05 atau nilai 0,000^b < 0,05; maka H_1 diterima, berarti secara bersama-sama (simultan) pol tebu, boiling house recovery, milling extraction berpengaruh signifikan terhadap rendemen. untuk mengetahui variabel independen secara parsial berpengaruh nyata atau tidak terhadap variabel dependen digunakan uji t pada tabel 4.8. Derajat signifikansi yang digunakan adalah 0,05. Apabila nilai signifikan lebih kecil dari derajat kepercayaan maka kita menerima hipotesis alternative dan menyatakan bahwa variabel independen secara parsial mempengaruhi variabel dependen.

Tabel 4.9 Tabel Hasil Pengujian Parsial

Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
1 (Constant)	-20.144	2.007		-10.036	.000
Boiling_House_Recovery	.036	.007	.191	5.072	.000
Pol_Tebu	.757	.058	.746	13.102	.000
Milling_Extraction	.185	.024	.396	7.589	.000

a. Dependent Variable: Rendemen_Sugar

Tabel 4.9 menunjukkan bahwa semua variabel bebas memiliki nilai nol (0) maka nilai rendemen tebu yang juga variabel terikat (Y) akan turun sebesar 20.144. Nilai koefisien *Boiling House Recovery* (X_1) sebesar 0.036. Hal ini mengandung arti bahwa setiap kenaikan persentase *Boiling House Recovery* sebesar satu persen maka persentase pol tebu (Y) akan naik sebesar 0.036 persen dengan asumsi bahwa variabel bebas yang lain dari model regresi adalah tetap. Variabel pol tebu (X_2) memiliki nilai 0.757. Hal ini berarti jika pol tebu meningkat maka rendemen juga otomatis akan meningkat sebesar 0.757 dengan asumsi bahwa nilai variabel bebas yang lain dari model regresi adalah tetap. Variabel lain yaitu *milling extraction* (X_3) memiliki nilai 0.185, ini berarti setiap kenaikan satu satuan nilai dari rendemen tebu maka pabrik gula harus meningkatkan nilai *milling extraction* tebu sebesar 0.185. Dan hasil dari uji t adalah:

1. *Boiling House Recovery* (X_1) terhadap rendemen tebu (Y)

Terlihat pada kolom Coefficients model 1 terdapat nilai sig 0,000. Nilai sig lebih kecil dari nilai probabilitas 0.000, atau nilai 0.05 > 0.000, maka H_1 diterima dan H_0 ditolak. Variabel X_1 mempunyai thitung yakni 5.072 dengan ttabel =

2,10092. Jadi $t_{hitung} > t_{tabel}$ dapat disimpulkan bahwa variabel X_1 memiliki kontribusi terhadap Y . Nilai t positif menunjukkan bahwa variabel X_1 mempunyai hubungan yang searah dengan Y . Jadi dapat disimpulkan Boiling house recovery memiliki berpengaruh signifikan terhadap rendemen tebu.

2. Pol tebu (X_2) terhadap rendemen tebu (Y)

Terlihat pada kolom Coefficients model 1 terdapat nilai sig 0.000. Nilai sig lebih kecil dari nilai probabilitas 0.05, atau nilai $0,000 < 0.05$, maka H_1 diterima dan H_0 ditolak. Variabel X_2 mempunyai t_{hitung} yakni 13.102 dengan $t_{tabel}=2.10092$. Jadi $t_{hitung} > t_{tabel}$ dapat disimpulkan bahwa variabel X_3 memiliki kontribusi terhadap Y . Nilai t positif menunjukkan bahwa X_3 mempunyai hubungan yang tidak searah dengan Y . Jadi dapat disimpulkan pol tebu memiliki pengaruh signifikan terhadap rendemen tebu.

3. Milling Extraction (X_3) terhadap rendemen tebu (Y)

Terlihat pada kolom Coefficients model 1 terdapat nilai sig 0.000. Nilai sig lebih kecil dari nilai probabilitas 0.05, atau nilai $0,000 < 0.05$, maka H_1 diterima dan H_0 ditolak. Variabel X_2 mempunyai t_{hitung} yakni 7.589 dengan $t_{tabel}=2.10092$. Jadi $t_{hitung} > t_{tabel}$ dapat disimpulkan bahwa variabel X_2 memiliki kontribusi terhadap Y . Nilai t positif menunjukkan bahwa X_2 mempunyai hubungan yang tidak searah dengan Y . Jadi dapat disimpulkan overall recovery memiliki pengaruh signifikan terhadap pol tebu. Rumus perhitungan rendemen tebu yang ada pada gula dihasilkan rumus 4.2

$$Y = (-20.144) + 0.036X_1 + 0.757 X_2 \dots\dots\dots(4.2)$$

Dimana:

Y = Rendemen

a = konstanta

X_1 = Milling Extraction

X_2 = Boiling House Recovery

4.3.3 Analisa Harga Gula

Kestabilan harga gula tergantung dari kebijakan pemerintah di dalam mengatur ketersediaan gula di pasar domestik. Slain itu penetapan harga gula juga harus memperhatikan laju inflasi Indonesia dari tahun ke tahun agar dapat terus

menjaga daya beli masyarakat. Penetapan harga eceran tertinggi (HET) gula bergantung kepada jumlah permintaan gula, harga gula impor dan laju inflasi

Tabel 4.10 Data Faktor Penetapan Harga Gula

Tahun	Harga Gula	Harga gula Import	Nilai Tukar Rupiah	Angka Inflasi	Harga Pokok Produksi	ICUMSA
1999	6103	1758	7100	2.00	3458.00	235.58
2000	5007	1738	9595	9.40	3968.00	228.71
2001	4797	1923	10400	12.55	4076.00	244.66
2002	4510	1811	8940	10.03	4172.00	253.82
2003	5157	1832	8465	5.16	4375.00	220.96
2004	4849	2180	9290	6.40	4790.00	241.82
2005	5612	2905	9830	17.11	4957.00	238.11
2006	6241	3446	9020	6.60	5163.00	236.39
2007	6568	3296	9419	6.59	4897.00	212.93
2008	6537	3922	10950	11.06	5470.00	213.67
2009	8573	3881	9400	6.96	5366.00	197.02
2010	10856	5223	8991	3.79	5514.00	197.53
2011	10818	6267	9068	4.30	5662.00	185.84
2012	11961	5703	9670	8.38	5658.00	163.48
2013	12541	6308	12189	8.36	6543.00	157.47
2014	11782	5566	12440	3.35	6017.00	171.15
2015	12570	5135	13795	3.02	5980.00	153.23
2016	14516	5903	13303	2.60	6172.00	127.34

Sumber : Badan Pusat Statistik dan Bank Indonesia

Dari tabel 4.10 dapat diketahui bahwa harga gula nasional terus mengalami fluktuasi. Selain berdasarkan keadaan pasar pemerintah juga selalu ikut campur dalam stabilitas harga gula tujuannya adalah menekan angka inflasi. Untuk mengetahui hubungan antara harga gula dengan faktor inflasi, harga gula impor dan nilai tukar rupiah terhadap dolar amerika ada pada tabel 4.11, 4.12, dan 4.13.

Tabel 4.11 Hasil Analisa Hubungan Harga Eceran Tertinggi Gula

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.990 ^a	.979	.970	581.88412

a. Predictors: (Constant), ICUMSA, Laju_Inflasi, Valas, Harga_Gula_Import, Demand

Dari tabel 4.11 dapat disimpulkan jika Harga Eceran Tertinggi(HET) gula dipengaruhi oleh laju inflasi, harga gula import dan permintaan sebesar 0.978. selain itu nilai R kuadrat(*square*) menunjukkan seberapa besar pengaruh faktor inflasi harga gula impor dan permintaan. Dari tabel 4.11 disimpulkan bahwa sebesar 95.7% faktor tersebut dapat mempengaruhi HET dan sisanya dipengaruhi oleh faktor lain. Standart eror dari hasil regresi linier bernilai 775.46252 lebih kecil jika dibandingkan dengan nilai standar deviasi dari pol tebu yakni 3386.962941. jadi dapat dikatakan bahwa model dan analisa yang dilakukan hampir sesuai dengan keadaan yang sebenarnya. Untuk menentukan hubungan simultan antar variabel ditentukan dengan uji F pada tabel 4.12.

Tabel 4.12 Tabel Hasil ANNOVA HET Gula

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	190952735.859	5	38190547.172	112.793	.000 ^b
	Residual	4063069.554	12	338589.129		
	Total	195015805.413	17			

a. Dependent Variable: Harga_Gula

b. Predictors: (Constant), ICUMSA, Laju_Inflasi, Valas, Harga_Gula_Import, Demand

Dari tabel 4.12 diperoleh nilai F_{hitung} sebesar 150.819 dengan nilai probabilitas (sig)=0,000^b. Nilai F_{hitung} (150.819)> F_{tabel} (3,69), dan nilai sig . lebih kecil dari nilai probabilitas 0,05 atau nilai $0,000^b < 0,05$; maka H_0 diterima, berarti secara bersama-sama (simultan) laju inflasi, harga gula import dan permintaan berpengaruh signifikan terhadap HET gula. untuk mengetahui variabel independen secara parsial berpengaruh nyata atau tidak terhadap variabel dependen digunakan uji parsial pada tabel 4.13.

Tabel 4.13 Tabel Hasil Uji Parsial HET Gula

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	15723.180	3805.667		4.132	.001
	Harga_Gula_Import	.961	.264	.491	3.647	.003
	Valas	-1.175	.658	-.296	-1.785	.100
	Demand	.001	.001	.318	1.427	.179
	Laju_Inflasi	-112.780	91.312	-.071	-1.235	.240
	ICUMSA	-40.227	13.020	-.443	-3.090	.009

a. Dependent Variable: Harga_Gula

Tabel 4.9 menunjukkan bahwa semua variabel bebas memiliki nilai nol (0) maka nilai variabel terikat (pol tebu) akan turun sebesar 3671.756. Nilai koefisien harga gula import(X_1) sebesar 1.392. Hal ini mengandung arti bahwa setiap kenaikan persentase harga gula impor sebesar satu persen maka HET gula (Y) akan naik sebesar 1.392 dengan asumsi bahwa variabel bebas yang lain dari model regresi adalah tetap. Variabel lain yaitu HPP (X_2) memiliki nilai -1.446, ini berarti setiap kenaikan satu satuan HPP maka HET gula meningkat sebesar 1.446. Variabel permintaan (X_3) memiliki nilai 0.002 berarti bahwa jika permintaan naik HET akan naik sebesar 0.002 dan variabel laju inflasi (X_4) memiliki nilai 194.198 dan bertanda negatif. Hal ini berarti jika HET meningkat maka laju inflasi akan menurun sebesar 194.198 dengan asumsi bahwa nilai variabel bebas yang lain dari model regresi adalah tetap. Hasil dari uji t adalah:

1. Harga Gula Impor (X_1) terhadap HET Gula (Y)

Terlihat pada kolom Coefficients model 1 terdapat nilai sig 0.000. Nilai sig lebih kecil dari nilai probabilitas 0.05, atau nilai $0.05 > 0.000$, maka H_1 diterima dan H_0 ditolak. Variabel X_1 mempunyai thitung yakni 5.783 dengan ttabel = 2,10092. Jadi thitung > ttabel dapat disimpulkan bahwa variabel X_1 memiliki kontribusi terhadap Y. Nilai t positif menunjukkan bahwa variabel X_1 mempunyai hubungan yang searah dengan Y. Jadi dapat disimpulkan harga gula impor memiliki berpengaruh signifikan terhadap HET Gula.

2. HPP (X_2) terhadap HET Gula (Y)

Terlihat pada kolom Coefficients model 1 terdapat nilai sig 0.019. Nilai sig lebih kecil dari nilai probabilitas 0.05, atau nilai $0.019 < 0.05$, maka H_1 diterima dan H_0 ditolak. Variabel X_2 mempunyai thitung yakni -2.691 dengan

$t_{hitung} = 2.10092$. Jadi $t_{hitung} < t_{tabel}$ dapat disimpulkan bahwa variabel X_2 tidak memiliki kontribusi terhadap Y . Nilai t negatif menunjukkan bahwa X_2 mempunyai hubungan yang tidak searah dengan Y . Jadi dapat disimpulkan HPP memiliki pengaruh tapi tidak signifikan terhadap HET Gula.

3. Permintaan (X_3) terhadap Harga Gula (Y)

Terlihat pada kolom Coefficients model 1 terdapat nilai sig 0.000. Nilai sig lebih kecil dari nilai probabilitas 0.05, atau nilai $0.000 < 0.05$, maka H_1 diterima dan H_0 ditolak. Variabel X_2 mempunyai t_{hitung} yakni 6.097 dengan $t_{tabel} = 2.10092$. Jadi $t_{hitung} > t_{tabel}$ dapat disimpulkan bahwa variabel X_3 memiliki kontribusi terhadap Y . Nilai t positif menunjukkan bahwa X_3 mempunyai hubungan yang tidak searah dengan Y . Jadi dapat disimpulkan permintaan memiliki pengaruh signifikan terhadap HET Gula.

4. Laju Inflasi(X_3) terhadap HET Gula (Y)

Terlihat pada kolom Coefficients model 1 terdapat nilai sig .035. Nilai sig lebih kecil dari nilai probabilitas 0.05, atau nilai $.035 < 0.05$, maka H_1 diterima dan H_0 ditolak. Variabel X_2 mempunyai t_{hitung} yakni -2.359 dengan $t_{tabel} = 2.10092$. Jadi $t_{hitung} > t_{tabel}$ dapat disimpulkan bahwa variabel X_3 tidak memiliki kontribusi terhadap Y . Nilai t negatif menunjukkan bahwa X_3 mempunyai hubungan yang tidak searah dengan Y . Jadi dapat disimpulkan laju inflasi memiliki pengaruh tapi tidak signifikan terhadap HET Gula. Dari penjelasan tabel hasil uji regresi maka dapat diperoleh rumus perhitungan gula impor pada rumus 4.4.

5. The International Commission for Uniform Methods of Sugar Analysis atau ICUMSA (X_3) terhadap HET Gula (Y)

Terlihat pada kolom Coefficients model 1 terdapat nilai sig .035. Nilai sig lebih kecil dari nilai probabilitas 0.05, atau nilai $.035 < 0.05$, maka H_1 diterima dan H_0 ditolak. Variabel X_2 mempunyai t_{hitung} yakni -2.359 dengan $t_{tabel} = 2.10092$. Jadi $t_{hitung} > t_{tabel}$ dapat disimpulkan bahwa variabel X_3 tidak memiliki kontribusi terhadap Y . Nilai t negatif menunjukkan bahwa X_3 mempunyai hubungan yang tidak searah dengan Y . Jadi dapat disimpulkan nilai ICUMSA memiliki pengaruh signifikan terhadap HET Gula. Dari penjelasan tabel hasil uji regresi maka dapat diperoleh rumus perhitungan gula impor pada rumus 4.3.

$$Y = 15723.180 + 0.961X_1 - 1.175X_2 + 0.001X_3 - 112.780X_4 - 40.227 X_5 \dots (4.3)$$

Dimana:

Y = HET Gula

a = konstanta

X₁= Harga Gula Impor

X₂= Harga Pokok Produksi

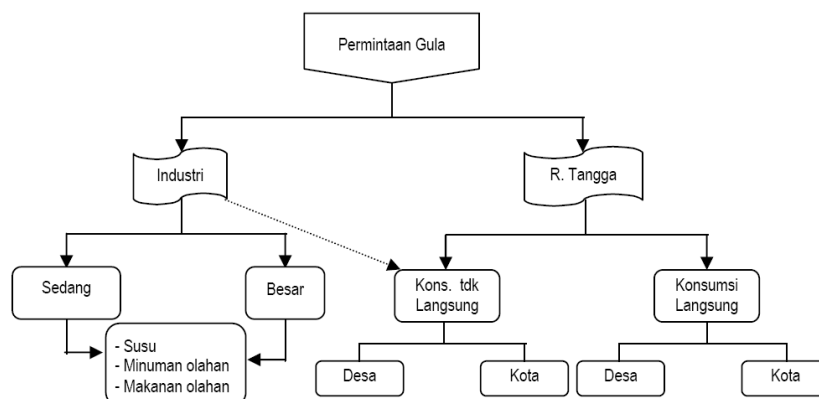
X₃= Permintaan

X₄= Laju Inflasi

X₅= Nilai ICUMSA

4.4 Data Permintaan

Permintaan gula nasional dan regional dipengaruhi oleh faktor konsumsi gula, perkembangan gula untuk industri nasional (Sugiyanto, 2007; Suryani et al., 2010). Permintaan gula terdiri atas penggunaan untuk konsumsi rumah tangga dan bahan baku industri pangan yang digambarkan dalam Gambar 4.1. Konsumsi gula oleh rumah tangga dapat dibedakan atas konsumsi langsung dan konsumsi tidak langsung. Konsumsi gula secara langsung adalah konsumsi gula oleh rumah tangga dalam wujud aslinya guna dijadikan makanan atau minuman, sedangkan konsumsi gula secara tidak langsung adalah konsumsi gula oleh rumah tangga melalui makanan dan minuman yang mengandung gula.



Gambar 4.1 Variabel Pengaruh Permintaan Gula (Sugiyanto, 2007)

Total konsumsi 3,8 juta ton per tahun, sekitar 72 persen gula dikonsumsi langsung oleh rumah tangga, dan sisanya sekitar 28 persen dikonsumsi oleh industri sebagai bahan baku untuk permen, pemanis, minuman dan makanan. Proporsi penggunaan gula untuk keperluan konsumsi rumah tangga dan industri

secara nasional memperkirakan penggunaan gula untuk bahan baku industri pengolahan makanan dan minuman mencapai sekitar 21 persen dari total penyediaan gula dunia (Sugiyanto, 2007).

4.5 Data Konsumsi Langsung

Ada 2 faktor yang mempengaruhi konsumsi langsung gula nasional yaitu konsumsi perkapita penduduk Indonesia dan pertambahan penduduk Indonesia. Berdasarkan data yang diperoleh dari Badan Pusat Statistik (BPS) dan Badan Penelitian dan Pengembangan Direktorat Jendral Kementerian Pertanian (Litbang Kementan) konsumsi perkapita mingguan Indonesia dari tahun 1999-2016 cenderung menurun. Sama halnya dengan faktor konsumsi perkapita, faktor lain yaitu pertambahan penduduk juga cenderung mengalami penurunan. Data jumlah pertambahan penduduk, konsumsi perkapita penduduk ada pada tabel 4.14.

Tabel 4.14 Data Konsumsi Langsung

Tahun	Konsumsi Perkapita Mingguan (kilogram)	Jumlah Penduduk (jiwa)	Konsumsi Gula Rumah Tangga (ton)
1999	9.258	207437	2,292,558
2000	9.354	206265	1,929,403
2001	8.827	207995	2,024,730
2002	9.203	210898	2,476,147
2003	9.068	213841	2,548,032
2004	8.927	216826	2,501,121
2005	8.885	220926	2,671,359
2006	8.035	224228	2,676,830
2007	8.624	227579	2,794,231
2008	8.432	230980	2,801,055
2009	7.905	234432	2,809,082
2010	7.691	237641	2,941,186
2011	7.383	241991	3,002,468
2012	6.476	245425	3,059,563
2013	6.648	248818	3,014,625
2014	6.409	252165	3,199,109

Tahun	Konsumsi Perkapita Mingguan (kilogram)	Jumlah Penduduk (jiwa)	Konsumsi Gula Rumah Tangga (ton)
2015	6.805	255462	3,283,308
2016	7.315	258705	3,327,929

Sumber: Publikasi Badan Pusat Statistik dan Badan Litbang Pertanian

Berdasarkan data yang telah dikeluarkan kementerian pertanian dan Badan Pusat Statistik maka pembagian konsumsi gula nasional dapat dilihat pada tabel 4.15 untuk konsumsi rumah tangga dan tabel 4.16 untuk proporsi konsumsi untuk industri. Dengan angka konsumsi perkapita yang terus menurun seharusnya Indonesia bisa mendapatkan swasembada gula akan tetapi pada kenyataannya tidak diikuti dengan produksi yang bertambah. Hal ini menyebabkan impor gula terus naik dikarenakan konsumsi tidak langsung gula terus bertambah. Untuk menghitung nilai konsumsi tidak langsung akan dijelaskan pada pokok bahasan berikutnya.

4.6 Data Konsumsi Tidak Langsung

Seperti yang telah dijelaskan pada subbab sebelumnya konsumsi tidak langsung gula terus mengalami peningkatan dari tahun ke tahun. Untuk mengetahui data konsumsi tidak langsung dan faktor yang mempengaruhi konsumsi tidak langsung gula nasional dijelaskan pada tabel 4.17. tetapi sebelumnya akan dijelaskan data impor gula. Harga gula impor yang ada pada tabel 4.16 adalah data yang sudah diolah berdasarkan data jumlah impor gula yang ada pada tabel 4.6 dan disesuaikan dengan data nilai tukar rupiah terhadap dolar amerika pada tahun yang bersamaan.

Tabel 4.15 Data Impor Gula 1999-2016

Tahun	Jumlah Impor (Ton)	Besar biaya Impor (ribu USD)
1999	1298950	321688
2000	1938519	351039
2001	1284469	237463
2002	670926	135880
2003	997204	215777
2004	1119790	262813
2005	1980487	585263
2006	1405942	537131
2007	2972788	1040195
2008	983944	352385

Tahun	Jumlah Impor (Ton)	Besar biaya Impor (ribu USD)
2009	1373527	567034
2010	1382525	803115
2011	2371250	1638728
2012	2743778	1618307
2013	3143803	1626893
2014	2633843	1178463
2015	3269941	1217248
2016	3235106	1435492

Sumber: Publikasi Badan Pusat Statistik

Tabel 4.15 menunjukkan pada tahun 2013 volume impor gula Indonesia mencapai 3,34 juta ton dengan nilai impor sebesar US\$ 1,73 miliar dan pada tahun 2014 mengalami penurunan sekitar 12,26 persen atau menjadi 2,93 juta ton dengan nilai sebesar US\$ 1,31 miliar. Pada tahun 2015 volume impor gula mengalami peningkatan menjadi 3,37 juta ton atau naik sekitar 14,87 persen dan nilainya mencapai US\$ 1,25 miliar. Sedangkan harga per kilogramnya dapat dilihat pada tabel 4.16.

Tabel 4.16 Data Faktor Permintaan dari Konsumsi Tidak Langsung

Tahun	Produk Domestik Bruto (PDB dalam miliar)	Harga Gula Impor (Rp/kg)	Nilai Tukar Rupiah Terhadap Dolar Amerika (Rupiah)	Angka Pertumbuhan Investasi Makanan dan Minuman (persen%)	Konsumsi Gula Untuk Industri
1999	1,099,731	1758.33	7100	0.31	798490238
2000	1,389,769	1737.52	9595	0.10	1977413120
2001	1,646,322	1922.67	10400	1.07	3917949024
2002	1,821,833	1810.58	8940	0.19	3378322892
2003	2,013,674	1831.67	8465	2.69	2392853750
2004	2,295,826	2180.35	9290	1.39	3877231970
2005	2,774,281	2904.91	9830	2.75	3548289998
2006	3,339,216	3446.03	9020	7.22	4951033035
2007	3,950,893	3295.76	9419	5.05	6653358020
2008	4,948,688	3921.58	10950	2.34	8113486900
2009	5,606,203	3880.61	9400	3.66	8168017880

Tahun	Produk Domestik Bruto (PDB dalam miliar)	Harga Gula Impor (Rp/kg)	Nilai Tukar Rupiah Terhadap Dolar Amerika (Rupiah)	Angka Pertumbuhan Investasi Makanan dan Minuman (persen%)	Konsumsi Gula Untuk Industri
2010	6,864,133	5222.91	8991	2.78	9858364806
2011	7,831,726	6266.73	9068	9.19	10624963818
2012	8,615,705	5703.46	9670	10.33	12433636056
2013	9,524,736	6307.71	12189	4.07	16075542501
2014	10,542,693	5566.04	12440	9.49	16305317875
2015	11,154,531	5135.24	13795	7.54	16712682740
2016	12,406,809	5902.85	13303	8.16	18366008056

Sumber: Badan Pusat Statistik dan Badan Litbang Pertanian

Kekurangan pasokan gula dalam negeri mengharuskan Indonesia melakukan impor gula dari berbagai negara, pada tahun 2015 tercatat sebanyak sembilan negara yang menjadi pemasok gula Indonesia. Pada tahun 2015, lima negara terbesar yang menjadi pemasok gula Indonesia berturut-turut Thailand dengan volume impornya mencapai 1,79juta ton atau sebesar 53,19 persen terhadap total volume impor gula Indonesia dengan nilai sebesar US\$ 649,08 juta. Australia dengan volume impor sebesar 1,02juta ton atau memiliki kontribusi 30,27persen dan nilai impornya sebesar US\$ 374,38juta. Brazil dengan kontribusi 13,60 persen atau volume impornya sebesar 458,17 ribu ton dengan nilai impor US\$ 189,95 juta, Guatemala sebesar 43,00 ribu ton atau sekitar 1,28 persen dengan nilai impor sebesar US\$ 18,26 juta, sedangkan untuk Hongkong sebesar 29,80 ribu ton atau 0,88 persen dengan nilai impor mencapai US\$ 9,84 juta.

4.5.1 Analisa Konsumsi Langsung

Analisa faktor yang mempengaruhi konsumsi langsung gula kristal putih dilakukan untuk mengetahui faktor-faktor yang mungkin dapat mempengaruhi permintaan gula jika ditinjau dari konsumsi langsung gula kristal putih. Data yang sudah didapat kemudian dimasukkan ke spss untuk diolah menggunakan uji regresi linier. Hasil pengolahan hubungan antara data pertumbuhan penduduk dan

konsumsi perkapita yang berdampak pada konsumsi gula nasional dapat dilihat pada tabel 4.17, 4.18 dan 4.19.

Tabel 4.17 Tabel Hasil Keluaran (*output*) SPSS

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.908 ^a	.825	.802	177235.92016

a. Predictors: (Constant), Population_Growth, Konsumsi_Perkapita

Berdasarkan keluaran (*output*) SPSS pada tabel 4.17 dapat dikatakan bahwa ada hubungan secara langsung antara konsumsi langsung gula kristal putih dengan pertumbuhan penduduk dan konsumsi gula perkapita. Nilai R pada keluaran spss menunjukkan nilai korelasi atau hubungan antara pertumbuhan penduduk dan konsumsi perkapita dengan konsumsi langsung gula Kristal putih sebesar 0.908. Sedangkan koefisien determinasi atau R kuadrat (R square) menunjukkan bahwa nilai *trust*/variabel bebas untuk mempengaruhi variabel terikat sebesar 0.825. Dengan kata lain pertumbuhan penduduk dan konsumsi perkapita dapat mempengaruhi konsumsi langsung sebesar 82% sedangkan sisanya dapat dipengaruhi oleh variabel lain. Standart eror dari hasil regresi linier bernilai 316487.13150 lebih kecil jika dibandingkan dengan nilai standar deviasi dari konsumsi langsung yakni 360518.1709. Derajat kepercayaan yang digunakan adalah 0,05. Apabila nilai F hasil perhitungan lebih besar daripada nilai F menurut tabel maka hipotesis alternatif, yang menyatakan bahwa semua variabel independen secara simultan berpengaruh signifikan terhadap variabel dependen. Untuk mengetahui pengaruh simultan antar variabel dilakukan uji ANNOVA (*Annalysis of Variance*). Hasilnya ditunjukkan pada tabel 4.18.

Tabel 4.18 Tabel Hasil ANNOVA

Model	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1 Regression	2219841099032.955	2	1109920549516.477	35.334	.000 ^b
Residual	471188570933.045	15	31412571395.536		
Total	2691029669966.000	17			

a. Dependent Variable: Konsumsi_Gula

b. Predictors: (Constant), Population_Growth, Konsumsi_Perkapita

Dari tabel 4.18 diperoleh nilai F_{hitung} sebesar 96.953 dengan nilai probabilitas (sig)=0,000^b. Nilai F_{hitung} (35.334) > F_{tabel} (3,69), dan nilai sig. lebih kecil dari nilai probabilitas 0,05 atau nilai 0,000^b < 0,05; maka H_1 diterima, berarti

secara bersama-sama (simultan) pertumbuhan penduduk dan konsumsi perkapita berpengaruh signifikan terhadap konsumsi gula langsung. untuk mengetahui variabel independen secara parsial berpengaruh nyata atau tidak terhadap variabel dependen digunakan uji t. Derajat signifikansi yang digunakan adalah 0,05. Apabila nilai signifikan lebih kecil dari derajat kepercayaan maka kita menerima hipotesis alternative dan menyatakan bahwa variabel independen secara parsial mempengaruhi variabel dependen.

Tabel 4.19 Tabel Hasil Pengujian Parsial

Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
1 (Constant)	4766608.829	397594.461		11.989	.000
Konsumsi_Perkapita	-293596.028	43429.586	-.757	-6.760	.000
Population_Growth	264947.937	86924.167	.341	3.048	.008

a. Dependent Variable: Konsumsi_Gula

Tabel 4.19 menunjukkan bahwa semua variabel bebas memiliki nilai nol (0) maka nilai variabel terikat (konsumsi gula langsung) sebesar 4766608.829. Nilai koefisien konsumsi perkapita untuk variabel X1 sebesar 293596.028 dan bertanda negatif. Hal ini mengandung arti bahwa setiap kenaikan konsumsi per kapita satu satuan maka variabel konsumsi langsung gula kristal putih (Y) akan turun sebesar 293596.028 dengan asumsi bahwa variabel bebas yang lain dari model regresi adalah tetap. Hal ini berarti konsumsi perkapita memiliki nilai yang berlawanan dengan konsumsi langsung gula secara nasional. Sedangkan nilai pertambahan penduduk (X2) mempunyai nilai 264947.937, ini berarti setiap kenaikan satu satuan nilai dari pertambahan penduduk maka konsumsi gula nasional akan cenderung naik dengan asumsi bahwa nilai variabel bebas yang lain dari model regresi adalah tetap. Hasil dari uji t adalah:

1. Konsumsi perkapita mingguan (X_1) terhadap konsumsi langsung gula (Y)

Terlihat pada kolom Coefficients model 1 terdapat nilai sig 0.000. Nilai sig lebih kecil dari nilai probabilitas 0,05, atau nilai $0.000 < 0,05$, maka H_1 diterima dan H_0 ditolak. Variabel X_1 mempunyai thitung yakni -6.760 dengan ttabel = 2,10092. Jadi thitung < ttabel dapat disimpulkan bahwa variabel X_1 tidak memiliki kontribusi terhadap Y. Nilai t negatif menunjukkan bahwa variabel X_1 tidak mempunyai hubungan yang searah dengan Y. Jadi dapat disimpulkan konsumsi

perkapita memiliki pengaruh tapi tidak signifikan terhadap konsumsi langsung gula nasional.

2. Pertumbuhan Penduduk (X2) terhadap konsumsi langsung gula (Y)

Terlihat pada kolom Coefficients model 1 terdapat nilai sig 0.008. Nilai sig lebih kecil dari nilai probabilitas 0.05, atau nilai $0,008 < 0.05$, maka H1 diterima dan Ho ditolak. Variabel X2 mempunyai thitung yakni 3.048 dengan ttabel=2.10092. Jadi thitung>ttabel dapat disimpulkan bahwa variabel X2 memiliki kontribusi terhadap Y. Nilai t positif menunjukkan bahwa X2 mempunyai hubungan yang searah dengan Y. Jadi dapat disimpulkan pertumbuhan penduduk memiliki pengaruh signifikan terhadap konsumsi langsung gula kristal putih.

Berdasarkan tabel 4.9 dapat diperoleh rumus regresi sebagai berikut:

$$Y = 4766608.829 - 293596.028 X_1 + 264947.937 X_2 \dots\dots\dots (4.4)$$

Dimana:

Y = Konsumsi langsung

a = konstanta

X₁ = Konsumsi perkapita mingguan

X₂ = Pertumbuhan penduduk

4.5.2 Analisa Konsumsi Tidak Langsung

Analisa faktor yang mempengaruhi konsumsi tidak langsung gula kristal putih dilakukan untuk mengetahui faktor-faktor yang mungkin dapat mempengaruhi permintaan gula jika ditinjau dari konsumsi tidak langsung gula kristal putih. Seperti yang sudah dilakukan untuk konsumsi langsung gula kristal putih, seluruh data faktor yang mempengaruhi konsumsi tidak langsung gula kristal putih terlebih dahulu dimasukkan ke dalam software SPSS. Hasil pengolahan hubungan antara Produk Domestik Bruto (PDB), Harga Gula Impor, Nilai Tukar Rupiah Terhadap Dolar Amerika (Valas), dan Angka Pertumbuhan Investasi Makanan-Minuman yang berdampak pada konsumsi tidak langsung gula nasional dapat dilihat pada tabel 4.20, 4.21 dan 4.22.

Tabel 4.20 Hasil Faktor Konsumsi Tidak Langsung Konsumsi Gula

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.996 ^a	.991	.988	617182173.79822

a. Predictors: (Constant), Pertumbuhan_Investasi, Nilai_Tukar_Rupiah, Harga_Gula_Import, PDB

Berdasarkan keluaran (*output*) SPSS pada tabel 4.20 dapat dikatakan bahwa ada hubungan secara langsung antara konsumsi tidak langsung gula kristal putih dengan pertumbuhan nilai investasi, nilai tukar rupiah, harga gula impor, PDB dengan konsumsi tidak langsung. Nilai R pada keluaran spss menunjukkan nilai korelasi atau hubungan antara pertumbuhan investasi, nilai tukar rupiah, harga gula impor dan PDB dengan konsumsi tidak langsung gula nasional sebesar 0.990. Sedangkan koefisien determinasi atau R kuadrat (*R square*) menunjukkan bahwa nilai *trust*/variabel bebas untuk mempengaruhi variabel terikat sebesar 0.980. Dengan kata lain pertumbuhan investasi, nilai tukar rupiah, harga gula impor dan PDB dapat mempengaruhi konsumsi tidak langsung sebesar 98% sedangkan sisanya dapat dipengaruhi oleh variabel lain. Standart error dari hasil regresi linier bernilai 128086.03297 lebih kecil jika dibandingkan dengan nilai standar deviasi dari konsumsi langsung yakni 867104.2834. Derajat kepercayaan yang digunakan adalah 0,05. Apabila nilai F hasil perhitungan lebih besar daripada nilai F menurut tabel maka hipotesis alternatif, yang menyatakan bahwa semua variabel independen secara simultan berpengaruh signifikan terhadap variabel dependen. Untuk mengetahui pengaruh simultan antar variabel dilakukan uji ANNOVA (*Annalysis of Variance*). Hasilnya ditunjukkan pada tabel 4.21.

Tabel 4.21 Tabel Hasil ANNOVA Konsumsi Tidak Langsung

Model	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1 Regression	547210802420370500000.000	4	136802700605092630000.000	359.143	.000 ^b
Residual	4951879863505888300.000	13	380913835654299010.000		
Total	552162682283876400000.000	17			

a. Dependent Variable: Konsumsi_Gula_Industri

b. Predictors: (Constant), Pertumbuhan_Investasi, Nilai_Tukar_Rupiah, Harga_Gula_Import, PDB

Dari tabel 4.21 diperoleh nilai F_{hitung} sebesar 96.953 dengan nilai probabilitas (sig)=0,000^b. Nilai F_{hitung} (191.523)> F_{tabel} (3,36), dan nilai sig . lebih

kecil dari nilai probabilitas 0,05 atau nilai $0,000^b < 0,05$; maka H_{01} diterima, berarti secara bersama-sama (simultan) Produk Domestik Bruto (PDB), Harga Gula Impor, Nilai Tukar Rupiah Terhadap Dolar Amerika (Valas), dan Angka Pertumbuhan Investasi Makanan-Minuman berpengaruh signifikan terhadap konsumsi gula tidak langsung gula nasional. untuk mengetahui variabel independen secara parsial berpengaruh nyata atau tidak terhadap variabel dependen digunakan uji t. Derajat signifikansi yang digunakan adalah 0,05. Apabila nilai signifikan lebih kecil dari derajat kepercayaan maka kita menerima hipotesis alternatif, yang menyatakan bahwa suatu variabel independen secara parsial mempengaruhi variabel dependen. Hasil pengujian pengaruh secara parsial ada pada tabel 4.22.

Tabel 4.22 Tabel Hasil Pengujian Parsial Konsumsi Tidak Langsung

Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
1 (Constant)	-5218782554.249	1728600810.492		-3.019	.010
PDB	1131.661	184.250	.746	6.142	.000
Harga_Gula_Impor	503130.745	291827.563	.153	1.724	.108
Nilai_Tukar_Rupiah	562828.073	175463.027	.175	3.208	.007
Pertumbuhan_Investasi	-71329987.106	76270266.679	-.043	-.935	.367

a. Dependent Variable: Konsumsi_Gula_Industri

Tabel 4.22 menunjukkan bahwa semua variabel bebas memiliki nilai nol (0) maka nilai variabel terikat (konsumsi gula langsung) akan turun sebesar 530974.229. Nilai PDB untuk variabel X1 sebesar 0,175, nilai tukar rupiah sebesar 82,959, nilai harga gula impor sebesar 59.685. Hal ini mengandung arti bahwa setiap kenaikan PDB, nilai tukar rupiah dan harga gula impor dalam satu satuan maka variabel konsumsi langsung gula kristal putih (Y) akan naik sebesar 0.175 atau 82,959, atau 59.685 dengan asumsi bahwa variabel bebas yang lain dari model regresi adalah tetap. Sedangkan pertumbuhan investasi memiliki nilai 4476,755 dan bernilai negatif. Hal ini berarti pertumbuhan investasi memiliki nilai yang berlawanan dengan konsumsi langsung gula secara nasional. Artinya pertumbuhan investasi akan turun sebesar 4476,755 dengan asumsi bahwa nilai variabel bebas yang lain dari model regresi adalah tetap.

1. PDB (X_1) terhadap konsumsi tidak langsung gula (Y)

Terlihat pada kolom coefficients terdapat nilai sig 0,001. Nilai sig lebih kecil dari nilai probabilitas 0,05, atau nilai $0,001 < 0,05$, maka H_1 diterima dan H_0 ditolak. Variabel X_1 mempunyai thitung yakni 4.578 dengan ttabel = 2,16037. Jadi thitung > ttabel dapat disimpulkan bahwa variabel X_1 memiliki kontribusi terhadap Y. Nilai t positif menunjukkan bahwa variabel X_1 mempunyai hubungan yang searah dengan Y. Jadi dapat disimpulkan PDB berpengaruh signifikan terhadap konsumsi tidak langsung gula kristal putih.

a. Harga_Gula_Import (X_2) terhadap konsumsi tidak langsung (Y)

Terlihat pada kolom coefficients terdapat nilai sig 0,342. Nilai sig lebih kecil dari nilai probabilitas 0,05, atau nilai $0,342 > 0,05$, maka H_1 ditolak dan H_0 diterima. Variabel X_2 mempunyai thitung yakni 0.985 dengan ttabel = 2,16037. Jadi thitung < ttabel dapat disimpulkan bahwa variabel X_2 memiliki kontribusi terhadap Y. Nilai t positif menunjukkan bahwa variabel X_2 mempunyai hubungan yang searah dengan Y. Jadi dapat disimpulkan harga gula impor tidak berpengaruh signifikan terhadap konsumsi tidak langsung gula kristal putih namun memiliki hubungan yang searah dengan konsumsi tidak langsung.

b. Nilai_Tukar_Rupiah (X_3) terhadap konsumsi tidak langsung gula (Y)

Terlihat pada kolom coefficients terdapat nilai sig 0,040. Nilai sig lebih kecil dari nilai probabilitas 0,05 atau nilai $0,040 < 0,05$, maka H_1 diterima dan H_0 ditolak. Variabel X_3 mempunyai thitung yakni 2,278 dengan ttabel = 2,16037. Jadi thitung > ttabel dapat disimpulkan bahwa variabel X_3 memiliki kontribusi terhadap Y. Nilai t positif menunjukkan bahwa variabel X_3 mempunyai hubungan yang searah dengan Y. Jadi dapat disimpulkan nilai tukar rupiah berpengaruh signifikan terhadap konsumsi tidak langsung gula kristal putih.

c. Pertumbuhan_Investasi (X_4) terhadap konsumsi tidak langsung gula (Y)

Terlihat pada kolom Coefficients model 1 terdapat nilai sig 0,782. Nilai sig lebih kecil dari nilai probabilitas 0,05, atau nilai $0,782 > 0,05$, maka H_1 ditolak dan H_0 diterima. Variabel X_4 mempunyai thitung yakni -0,283 dengan ttabel=2,10092. Jadi thitung < ttabel dapat disimpulkan bahwa variabel X_4 tidak memiliki kontribusi terhadap Y. Nilai t negatif menunjukkan bahwa X_4 mempunyai hubungan yang berlawanan dengan Y. Jadi dapat disimpulkan

pertumbuhan investasi tidak berpengaruh signifikan terhadap konsumsi langsung gula kristal putih.

Berdasarkan tabel 4.12 dapat diperoleh rumus regresi sebagai berikut:

$$Y = (-5218782554.249) + 1131.661X_1 + 503130.745 X_2 + 562828.073X_3 - 71329987.106X_4 \dots\dots\dots (4.5)$$

Di mana :

Y = konsumsi tidak langsung gula

A = Constant

X₁ = PDB

X₂ = Harga_Gula_Impor

X₃ = Nilai_Tukar_Rupiah

X₄ = Pertumbuhan_Investasi

Analisis permintaan yang terbagi atas faktor konsumsi langsung dan konsumsi tidak langsung gula nasional dilakukan dengan menggunakan bantuan SPSS. Persamaan model regresi yang telah didapat pada analisis konsumsi langsung, konsumsi tidak langsung, analisa produksi gula dijelaskan pada tabel 4.23. Selanjutnya, persamaan yang telah didapat tersebut akan dimasukkan ke dalam model simulasi.

Tabel 4.23 Data Persamaan Analisa Regresi

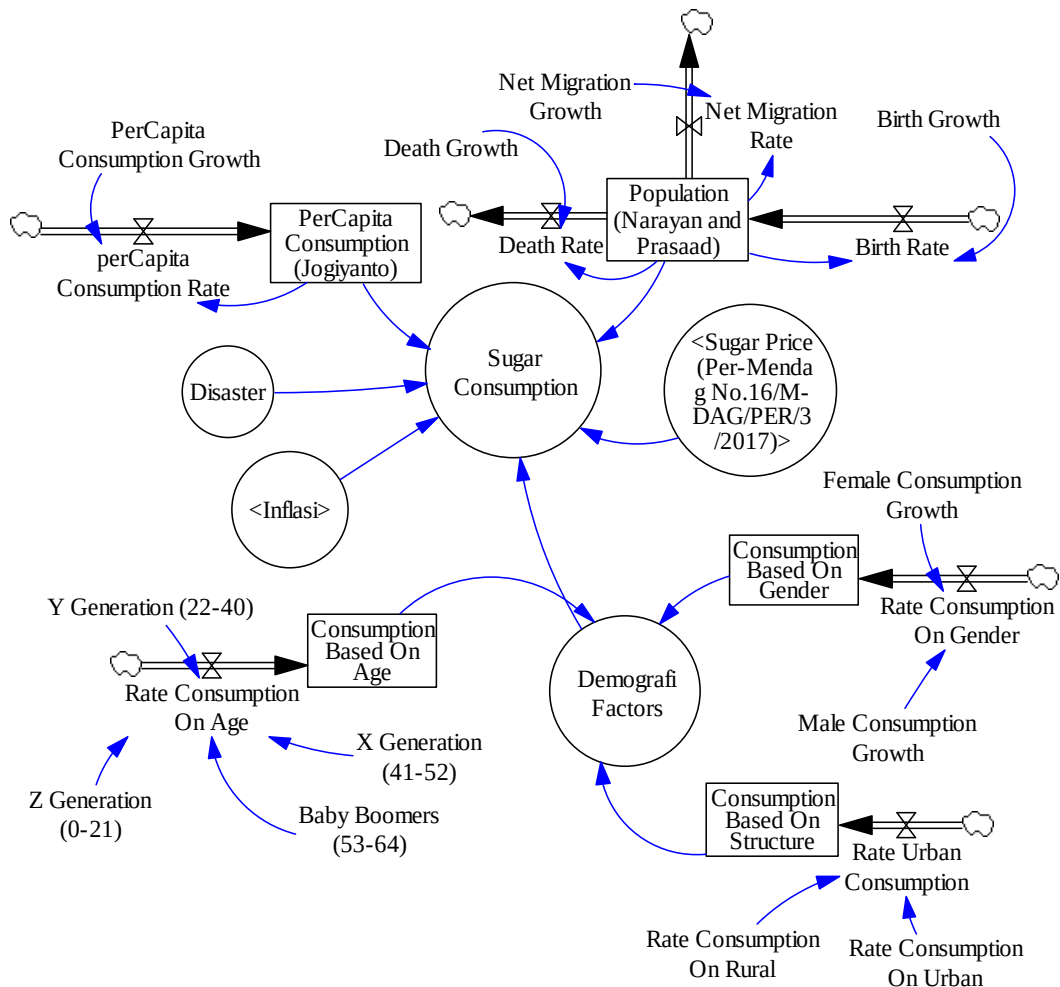
Faktor	Persamaan
Pol Tebu	Y = 23.464 - 0.048X₁ - 0.203X₂ + 1.221X₃
Rendemen Tebu	Y = (-16.165) + 0.028 X₁ + 0. 796 X₂ + 0.147 X₃
Harga Eceran Tertinggi Gula	Y = 3671.756 + 1.392X₁ - 1.446X₂ + 0.002X₃ - 194.198X₄
Konsumsi Langsung	Y = 4766608.829 - 293596.028 X₁ + 264947.937 X₂
Konsumsi Tidak Langsung	Y = (-530974.229) + 0,175 X₁ + 59.685 X₂ + 82.959 X₃ - 4476.755 X₄

4.7 Diagram Stock dan Flow, Simulasi Model, dan Validasi model

Pada tahap ini merupakan lanjutan dari pembuatan causal loop diagram, dan pada tahap ini dilakukan penambahan rumus matematika pada variabel tertentu yang kemudian dilakukan uji simulasi terhadap model diagram yang telah terbentuk.

4.7.1 Sub Model Konsumsi Langsung

Sub model ini digunakan untuk memperkirakan besar konsumsi langsung gula nasional dengan menggunakan persamaan matematis hasil analisa regresi seperti yang telah dilakukan sebelumnya. Variabel dependen terdiri dari konsumsi gula perkapita masyarakat Indonesia dan jumlah penduduk Indonesia, kedua variabel dependen tersebut membentuk sub model konsumsi per kapita ada pada gambar 4.2.

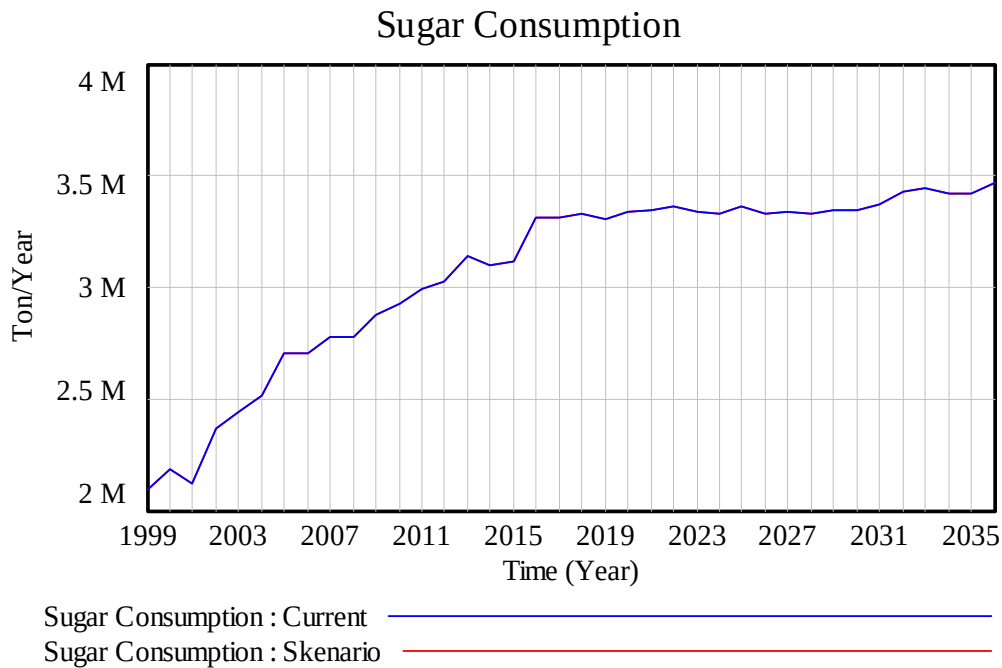


Gambar 4.2 Sub Model Konsumsi Langsung Gula Penduduk Indonesia

Hasil yang didapatkan pada submodel ini selanjutnya akan digunakan untuk membentuk submodel permintaan. Sebelum membuat submodel permintaan gula, langkah selanjutnya adalah membuat submodel konsumsi tidak langsung gula. Hasil pengujian simulasi konsumsi langsung ada pada gambar 4.5. Persamaan yang digunakan untuk menunjukkan konsumsi langsung gula nasional

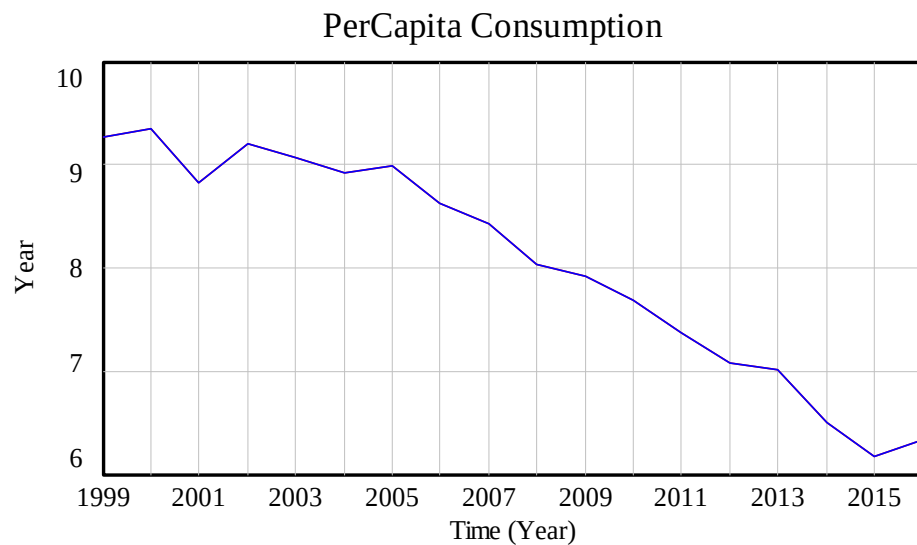
ada pada rumus 4.1. Persamaan ini didapat dari pengujian regresi linier menggunakan SPSS 15.

$$4.76661e+006 + (\text{PerCapita Consumption} * \text{PerCapita Consumption Coefficient}) + (\text{Population} * \text{Population Coefficient}) + (\text{Demografi} * \text{Demografi Coeff.}) + (\text{Inflasi} * \text{Inflasi Coeff}) + (\text{Disaster} * \text{Disaster Coeff.}) + (\text{Sugar Price} * \text{Sugar Price Coeff.}) \dots\dots\dots (4.6)$$



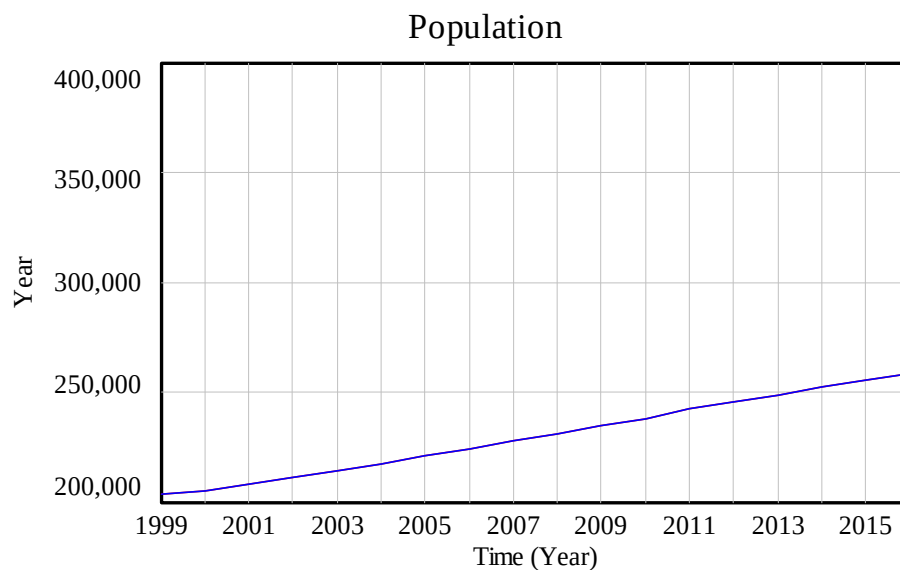
Gambar 4.3 Simulasi Awal Konsumsi Gula Langsung

Gambar 4.3 menggambarkan jika konsumsi perkapita masyarakat Indonesia terus mengalami fluktuasi tergantung pada keadaan ekonomi, sosial dan budaya masyarakat. Namun secara keseluruhan konsumsi perkapita cenderung turun dari tahun ke tahun sementara populasi penduduk Indonesia cenderung mengalami kenaikan. Berdasarkan grafik konsumsi langsung gula secara keseluruhan mengalami kenaikan jumlah meskipun secara individu masyarakat Indonesia mengalami penurunan konsumsi perkapita gula (gambar 4.4).



Gambar 4.4 Grafik Konsumsi Perkapita (Dalam kg/tahun)

Hal ini berarti pertumbuhan penduduk Indonesia sangat mempengaruhi konsumsi gula secara keseluruhan (gambar 4.5).



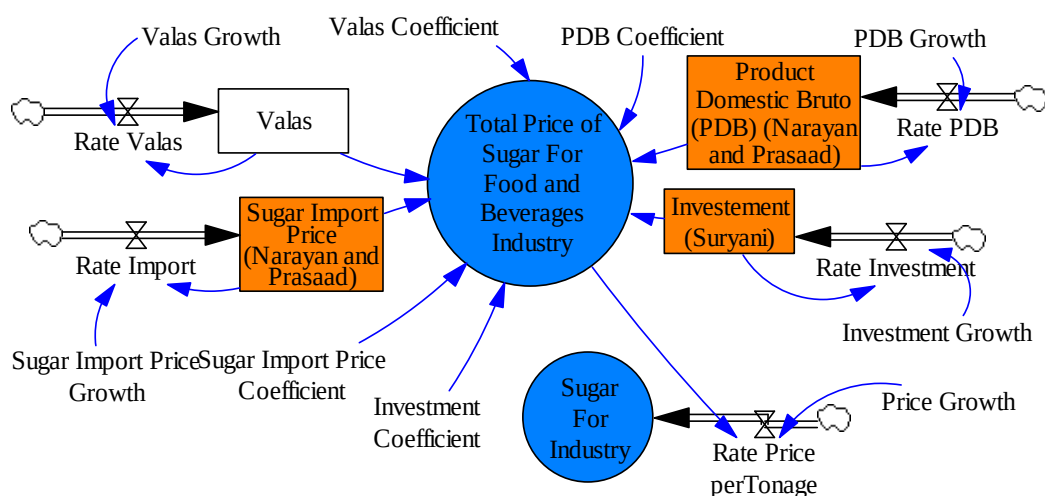
Gambar 4.5 Grafik Populasi Indonesia (Dalam ribu jiwa)

Hasil validasi konsumsi langsung nasional yang berasal dari konsumsi rata-rata perkapita tahunan penduduk Indonesia, rata-rata pertumbuhan penduduk tahunan penduduk Indonesia dari tahun 1999-2016. Pergerakan konsumsi perkapita pada awal tahun 90-an adalah yang tertinggi, dimana mencapai di atas 9kg/tahun. Akan tetapi menurun 2kg/tahun pada tahun 2010-2016 di 7kg/tahun. Sementara pertumbuhan penduduk Indonesia terus naik tapi di kisaran yang masih wajar sebesar 1% pertahunnya. Hanya pada tahun 1999 pada saat negara sedang

mengalami guncangan penduduk Indonesia turun 0.5%. Hal ini membuat konsumsi gula nasional juga mengalami penurunan yang relatif banyak. Angka konsumsi Indonesia sebelum krisis moneter pada tahun 1999 berjumlah 2,292,558. Setelah tahun 2001 barulah keadaan ekonomi Indonesia mulai stabil. Sempat mengalami penurunan pada tahun 2013 tetapi setelah tahun 2014 pola konsumsi penduduk Indonesia mengalami perubahan dari konsumsi gula secara langsung dan mulai berganti pada konsumsi makanan dan minuman kalengan. Secara keseluruhan hal ini menandakan keadaan sosial ekonomi masyarakat penduduk Indonesia sangat stabil walaupun kesenjangan social masih terhitung tinggi.

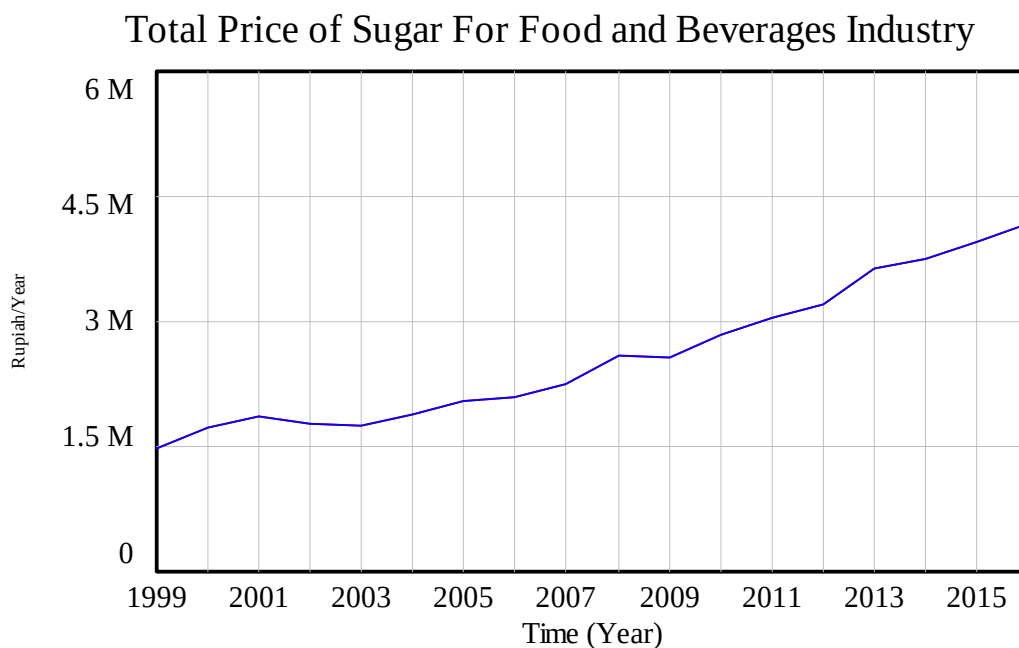
4.7.2 Sub Model Konsumsi Tidak Langsung

Setelah membuat submodel konsumsi tidak langsung, untuk menentukan permintaan gula untuk industri makanan dan minuman maka akan dibuat submodel konsumsi tidak langsung. Sub model ini digunakan untuk memperkirakan besaran konsumsi tidak langsung gula nasional dengan menggunakan persamaan matematis hasil analisa regresi seperti yang telah dilakukan sebelumnya. Variabel dependen terdiri dari perkembangan nilai tukar rupiah/valas, *Product Domestic Bruto* (PDB), Penggunaan Gula untuk sector investasi makanan dan minuman, dan besaran harga gula impor. Sub model yang digunakan untuk memprediksi konsumsi tidak langsung penduduk Indonesia yang digambarkan pada gambar 4.7.



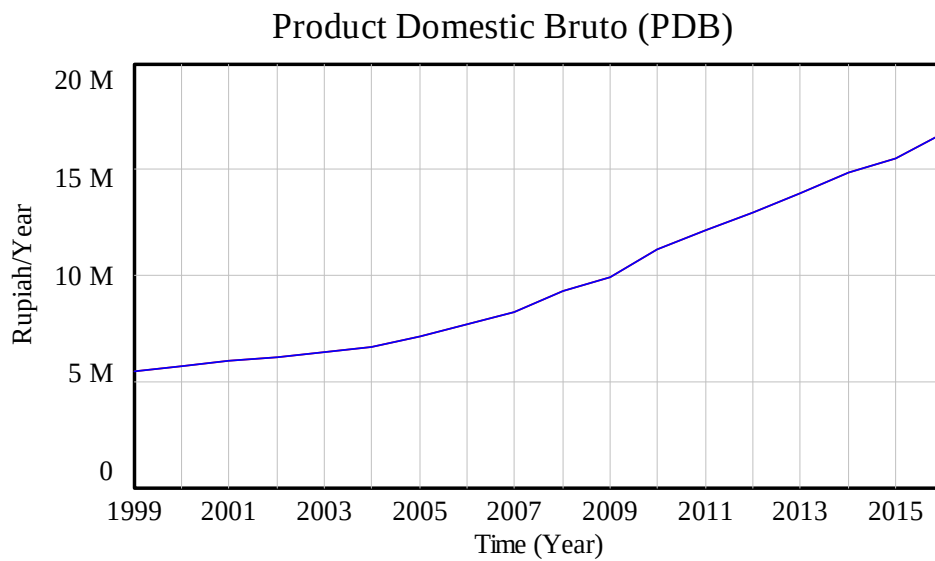
Gambar 4.6 Sub Model Konsumsi Tidak Langsung Gula Penduduk Indonesia

Setelah membuat seluruh submodel faktor konsumsi tidak langsung maka dimasukkan hasil koefisien analisa regresi yang telah dihitung sebelumnya. Gambar 4.6 adalah sub model dari konsumsi tidak langsung gula yang menghasilkan besaran konsumsi tidak langsung gula nasional yang akan digunakan untuk perhitungan permintaan gula. Konsumsi tidak langsung gula nasional sangat dipengaruhi industri makanan dan minuman. Besaran volume konsumsi gula tidak langsung Indonesia mencapai titik terendah pada tahun 1999 pada saat ekonomi Indonesia sedang terpuruk. Akan tetapi industri pengolahan makanan dan minuman dalam negeri terus mengalami peningkatan. Untuk mengetahui pola konsumsi tidak langsung secara visual dapat dilihat dalam bentuk grafik yang digambarkan pada gambar 4.7.



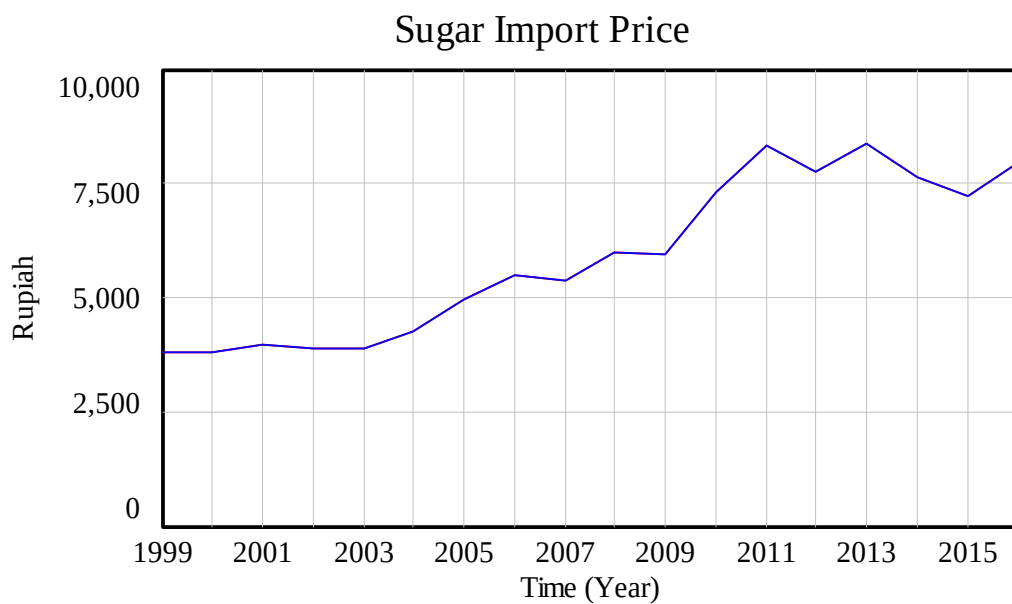
Gambar 4.7 Grafik Validasi Simulasi Konsumsi Langsung

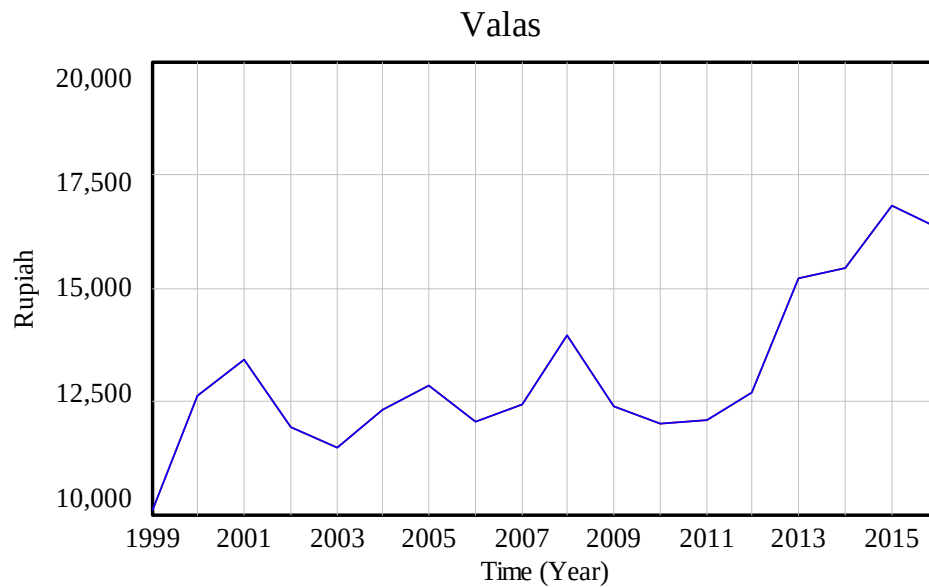
Keadaan social ekonomi Indonesia sangat mempengaruhi konsumsi gula nasional terutama faktor Pendapatan Kotor Negara (PDB) pada gambar 4.8.



Gambar 4.8 Grafik Product Domestic Bruto (PDB) Indonesia

Faktor PDB yang terus meningkat cenderung jarang untuk mengkonsumsi makanan dan minuman yang berbahan dasar gula. Akan tetapi faktor yang sangat mempengaruhi konsumsi gula secara tidak langsung adalah harga gula impor dan juga nilai tukar mata uang. Semakin rendah harga gula impor maka akan semakin bertambah konsumsi (pada gambar 4.10).

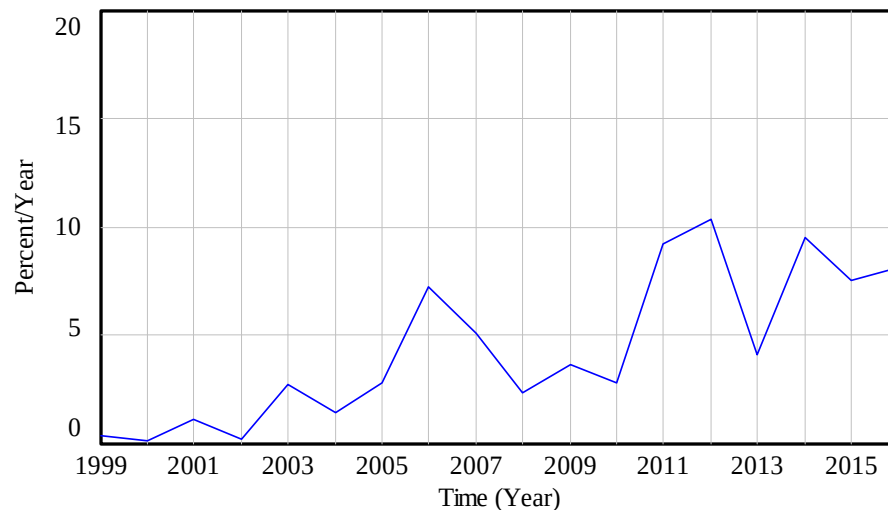




Gambar 4.9 Grafik Harga Gula Impor dan Nilai Tukar Mata Uang Indonesia

Akan tetapi berbanding terbalik dengan pendapatan kotor masyarakat. Semakin tinggi pendapatan maka orang Indonesia cenderung untuk mengkonsumsi makanan yang me

makai bahan dasar gula. Sehingga, tren beberapa tahun terakhir justru konsumsi tidak langsung gula nasional cenderung mengalami kenaikan. Sementara konsumsi langsung gula nasional terus mengalami penurunan.

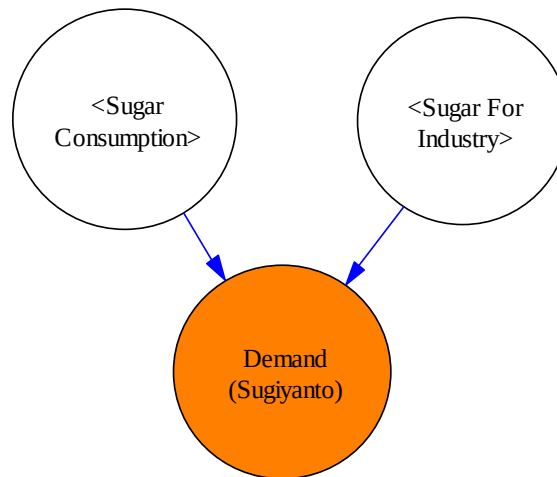


Gambar 4.10 Grafik Nilai Investasi Indonesia Indonesia

Faktor PDB merupakan pemicu utama kenaikan konsumsi tidak langsung dan semakin bertambahnya usaha di bidang makanan dan minuman juga mendorong pertumbuhan langsung gula nasional.

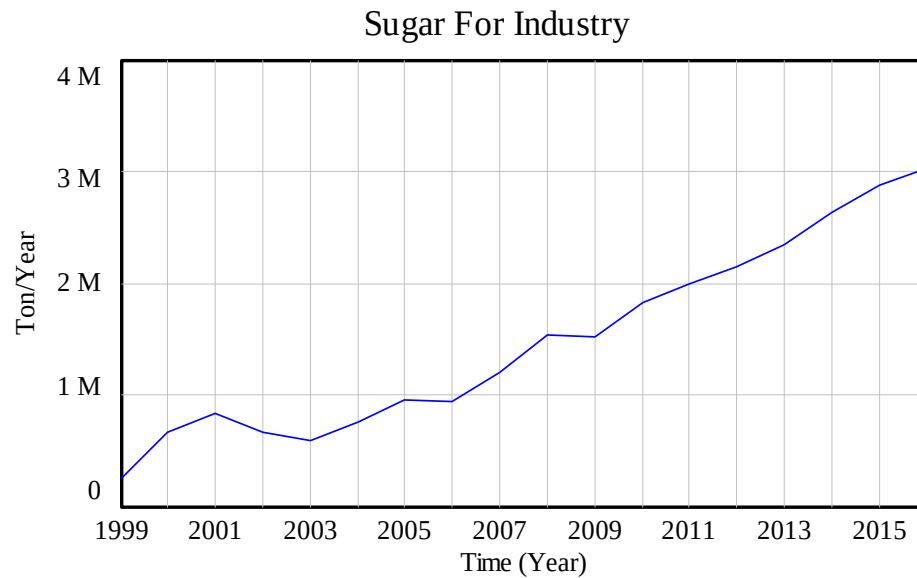
4.7.3 Sub Model Permintaan

Sub model ini digunakan untuk memperkirakan permintaan gula nasional dengan menggunakan persamaan matematis hasil dari perhitungan analisa faktor konsumsi langsung dan konsumsi tidak langsung gula nasional yang telah dilakukan sebelumnya. Dengan menentukan permintaan yang akan datang, pabrik gula yang ada dalam satu perintah perusahaan bisa memperkirakan kapasitas giling yang harus disiapkan, sehingga kinerja operasional pabrik gula bisa optimal. Tujuan yang ingin dicapai ialah penumpukan tebu dan bahan baku yang diperlukan dalam proses pengolahan tebu menjadi gula bisa ditekan semaksimal mungkin. Kapasitas yang dimaksud adalah kapasitas penggilingan tebu dan pengolahan tebu sampai menjadi gula.



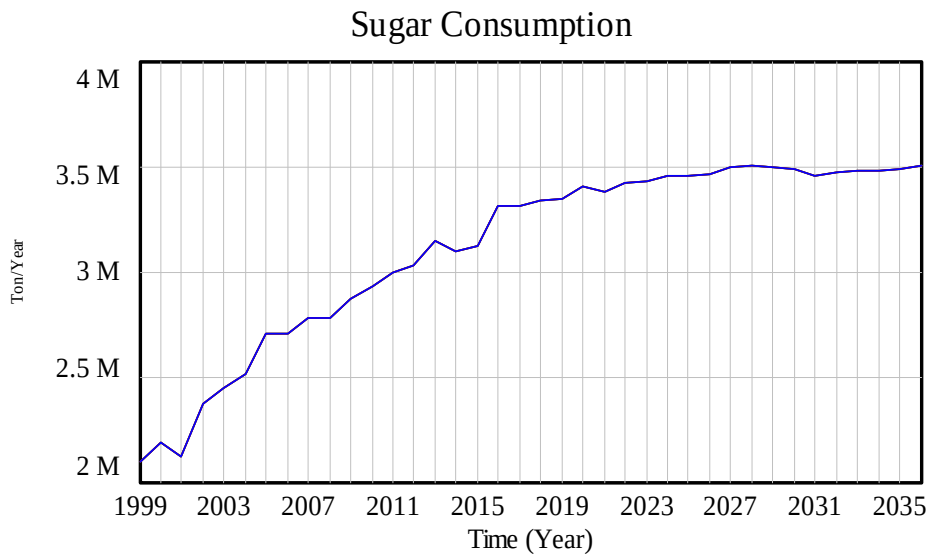
Gambar 4.11 Sub Model Permintaan

Gambar 4.11 menggambarkan bahwa permintaan gula dipengaruhi oleh konsumsi langsung dan konsumsi tidak langsung gula nasional. Besaran permintaan tergantung pada jumlah pengurangan konsumsi langsung dan konsumsi tidak langsung gula. Sedangkan hasil dari permintaan akan digunakan untuk memprediksi volume import gula yang akan dilakukan pemerintah dan akan sangat mempengaruhi dari harga gula impor. Nilai dari permintaan adalah hasil penjumlahan antara konsumsi langsung gula nasional dan konsumsi tidak langsung gula nasional. Tren beberapa tahun terakhir justru konsumsi tidak langsung gula nasional cenderung mengalami kenaikan (pada gambar 4.14).



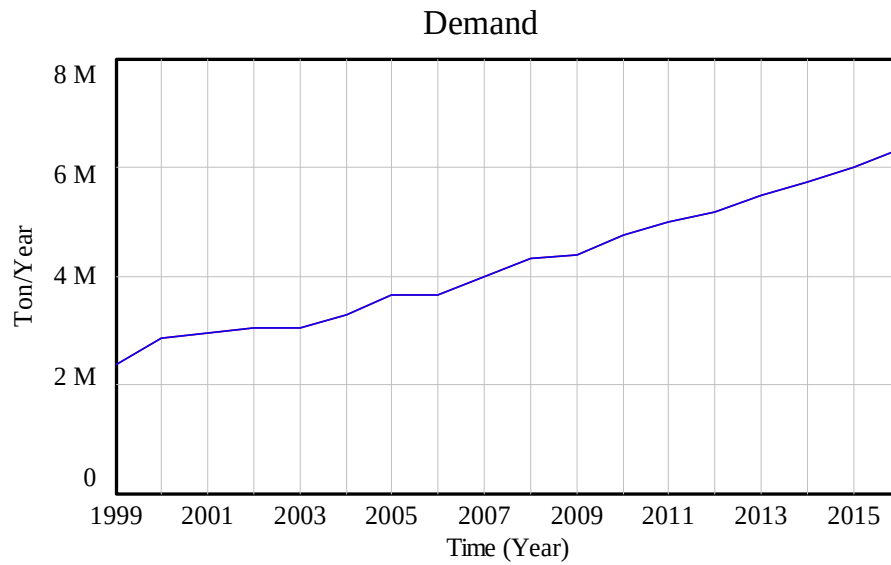
Gambar 4.12 Simulasi Konsumsi Tidak Langsung

Sementara konsumsi langsung gula nasional pada tahun 2013 mengalami penurunan sebagai akibat dari perubahan pola konsumsi masyarakat Indonesia. akan tetapi mengalami peningkatan konsumsi meskipun secara garis besar konsumsi perkapita Indonesia mengalami penurunan.



Gambar 4.13 Simulasi Konsumsi langsung

Faktor PDB merupakan pemicu utama kenaikan konsumsi tidak langsung dan semakin bertambahnya usaha di bidang makanan dan minuman juga mendorong pertumbuhan langsung gula nasional. Untuk lebih memahami grafik permintaan gula digambarkan pada gambar 4.14

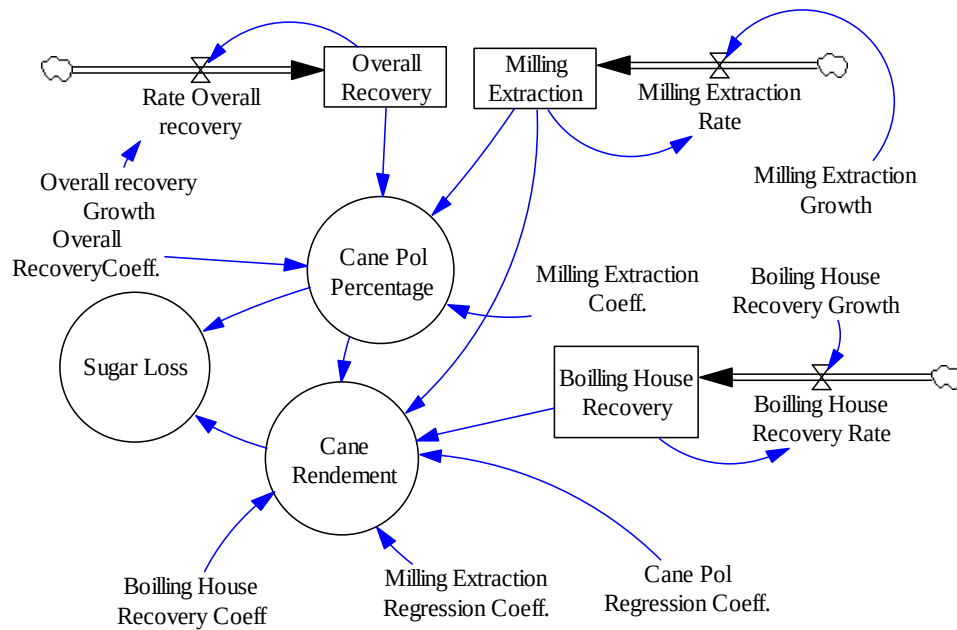


Gambar 4.14 Gambar Simulasi Permintaan

Dari gambar 4.14 dapat ditarik kesimpulan jika permintaan gula terus bertambah dari tahun ke tahun.

4.7.4 Sub Model Losses Gula

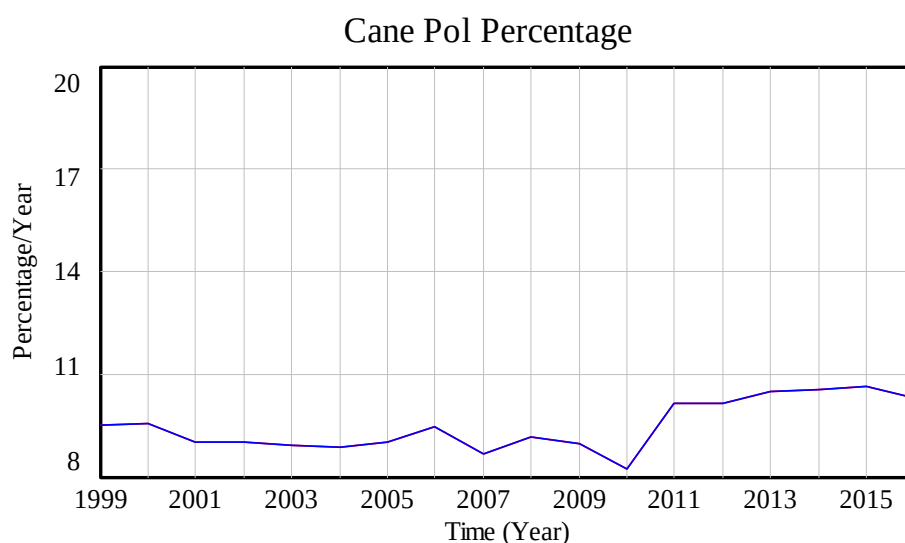
Untuk Mengoptimalkan hasil produksi suatu pabrik gula hasil menekan serendah mungkin losses (kehilangan zat sukrosa) zat yang dapat membentuk gula. Untuk memprediksi losses gula dan memudahkan perhitungan losses gula digunakan sub model losses gula seperti pada gambar 4.15.



Gambar 4.15 Sub Model Losses Gula

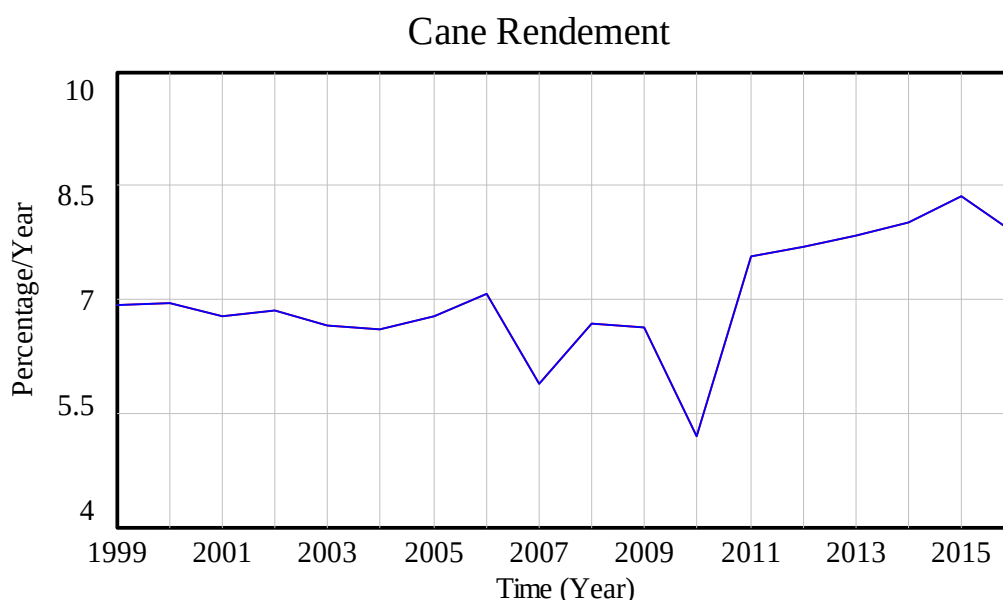
Tolak ukur efisiensi kinerja pabrik gula pada dasarnya adalah menekan serendah mungkin losses gula. Tolak ukur dan faktor yang mempengaruhi besarnya losses seperti yang digambarkan pada gambar 4.15 adalah kemampuan mesin yang dimiliki oleh pabrik gula dalam mencacah tebu atau *milling extraction*, *boiling house recovery*, dan *overall recovery*. Jika kemampuan mesin mempunyai nilai presentase rendah maka akan menghasilkan losses yang tinggi dan begitu pula sebaliknya jika memiliki persentase yang tinggi maka losses gula akan memiliki tingkat yang rendah dan menjaga bahkan dapat meningkatkan rendemen gula. Untuk mengoptimalkan hasil produksi suatu pabrik gula hasil menekan serendah mungkin losses (kehilangan zat sukrosa) zat yang dapat membentuk gula. Untuk memprediksi losses gula dan memudahkan perhitungan losses gula digunakan sub model losses gula seperti pada gambar 4.15.

Tolak ukur efisiensi kinerja pabrik gula pada dasarnya adalah menekan serendah mungkin losses gula. Tolak ukur dan faktor yang mempengaruhi besarnya losses seperti yang digambarkan pada gambar 4.15 adalah kemampuan mesin yang dimiliki oleh pabrik gula dalam mencacah tebu atau *milling extraction*, *boiling house recovery*, dan *overall recovery*. Jika kemampuan mesin mempunyai nilai presentase rendah maka akan menghasilkan losses yang tinggi dan begitu pula sebaliknya jika memiliki persentase yang tinggi maka losses gula akan memiliki tingkat yang rendah dan menjaga bahkan dapat meningkatkan rendemen gula. Data dari pol tebu hasil simulasi digambarkan dalam gambar 4.16.



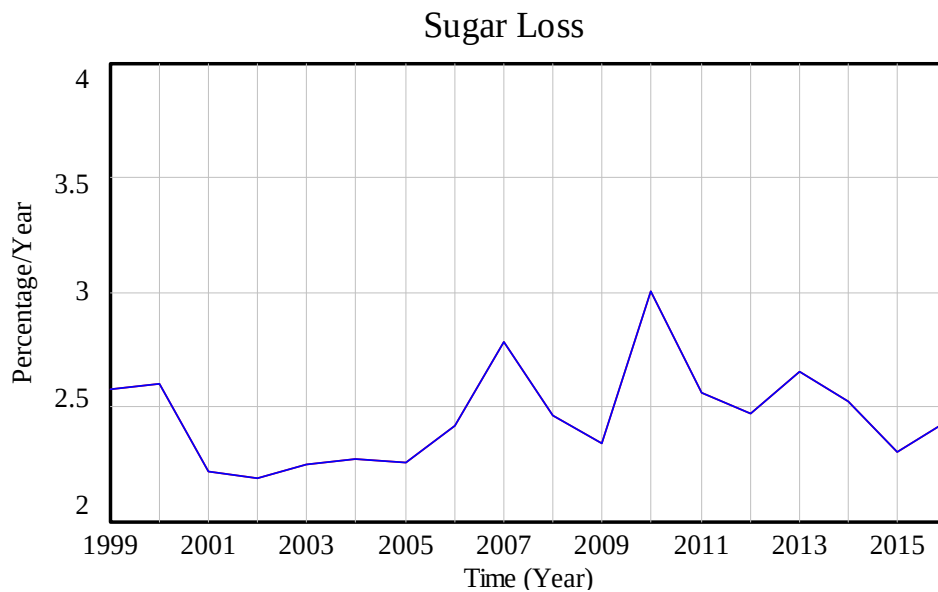
Gambar 4.16 Simulasi Persentase Pol Tebu Hasil Produksi

Sebelum pada losses tebu harus diketahui besaran pol tebu. Faktor pol tebu dalam proses produksi dipengaruhi oleh kemampuan pabrik gula dalam mencacah tebu atau milling extraction dan overall recovery, yaitu kemampuan pabrik gula untuk memproduksi gula. Dilihat dari grafik perkembangan pol tebu terus mengalami perbaikan dari tahun ke tahun. Sedang kemampuan untuk memproduksi gula di pabrik gula mengalami perkembangan yang tidak stabil. Hal ini membuktikan kinerja atau efisiensi pabrik gula harus ditingkatkan baik dari segi perawatan mesin, pembaruan mesin – mesin tua dan pengembangan sumber daya manusia karyawan kampanye (karyawan yang hanya direkrut pada masa musim giling). Data faktor rendemen dalam tebu ada pada gambar 4.17.



Gambar 4.17 Simulasi Persentase Rendemen Tebu Hasil Produksi

Pada gambar 4.17 menggambarkan bahwa rendemen tebu sangat dipengaruhi oleh kemampuan efisiensi pabrik gula atau boiling house recovery. Dilihat dari nilai yang didapat dari faktor rendemen kurang dari 9% padahal SK Mentan No. 126 tahun 1978 mengamanatkan rendemen tebu harus di atas 9%.. Untuk melihat pola losses gula dapat dilihat pada gambar 4.18.

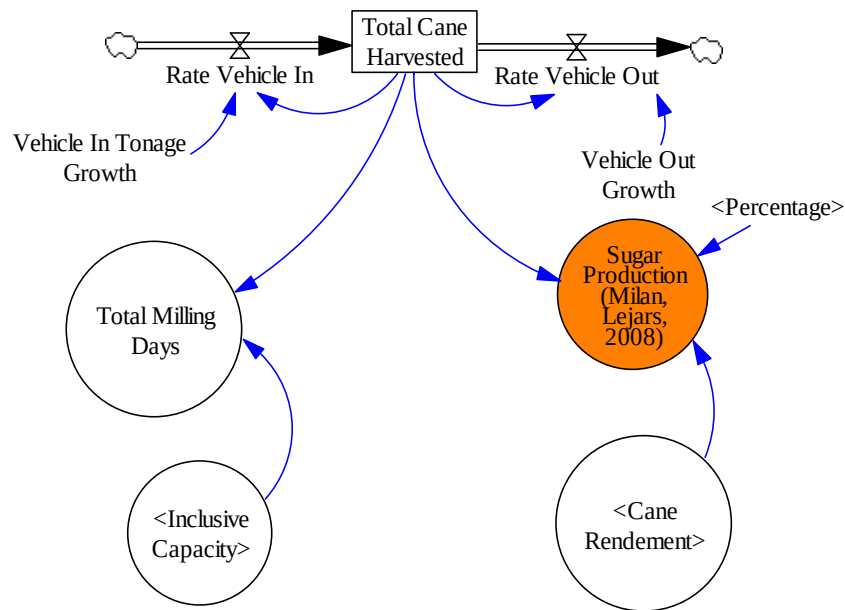


Gambar 4.18 Simulasi Losses Gula

Dapat dilihat dari gambar 4.18 jika losses gula bergantung pada pol tebu. Jika pol tebu yang dihasilkan kecil maka sugar los juga akan semakin tinggi. Hal ini berbanding terbalik dengan rendemen. Rendemen akan berubah jika losses gula ini tinggi. Produksi gula sangat dipengaruhi oleh rendemen gula dan total tebu yang berhasil dipanen. Semakin tinggi tingkat rendement maka gula yang dihasilkan akan semakin tinggi. Sejak tahun 2009 penentuan rendemen gula diatur dalam peraturan pemerintah diatur besaran rendemen harus diatas 7%. Jika jumlah rendemen kurang dari 7% maka pabrik gula wajib untuk menentukan besaran angka rendemen di nilai 7%.

4.7.5 Sub Model Produksi Gula

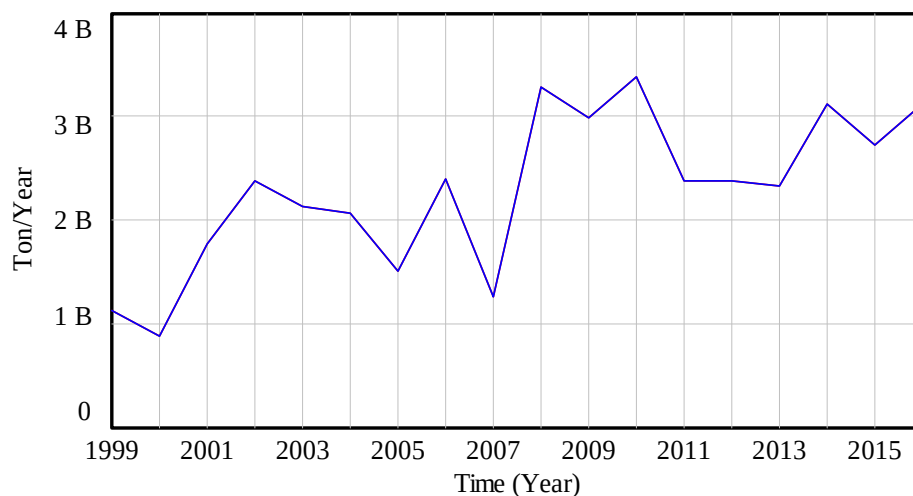
Produksi gula selama ini selalu tidak mencukupi kebutuhan gula nasional. Masalah yang dihadapi oleh pabrik gula sangat kompleks. Oleh sebab itu banyak faktor yang harus dikendalikan baik oleh pemerintah, pemilik modal dan investor agar dapat memenuhi swasembada gula nasional. Untuk mempermudah penjelasan mengenai faktor yang mempengaruhi produksi dan sistem yang berjalan dalam produksi gula akan dijelaskan pada submodel gambar 4.12.



Gambar 4.19 Sub Model Produksi Gula

Sub model pada gambar 4.19 menjelaskan ketika kendaraan pengangkut tebu masuk ke dalam lokasi emplacement gula. Di dalam area emplacement tebu yang masuk akan dikurangi dulu jumlah untuk diambil sampel tebu. Tujuan dari pengambilan sampel ini akan menentukan besaran rendemen tebu. Akan tetapi setelah diambil dan ditentukan besaran rendemen gula maka sampel tersebut akan dikembalikan kembali untuk diolah sampai menjadi gula. Kapasitas produksi adalah elemen penting dimana menentukan besaran lama masa penggilingan tebu dan rata-rata produksi gula perhari selama masa panen yang akan menentukan besaran produksi gula yang bergantung pada tingkat rendemen gula dan juga rasio

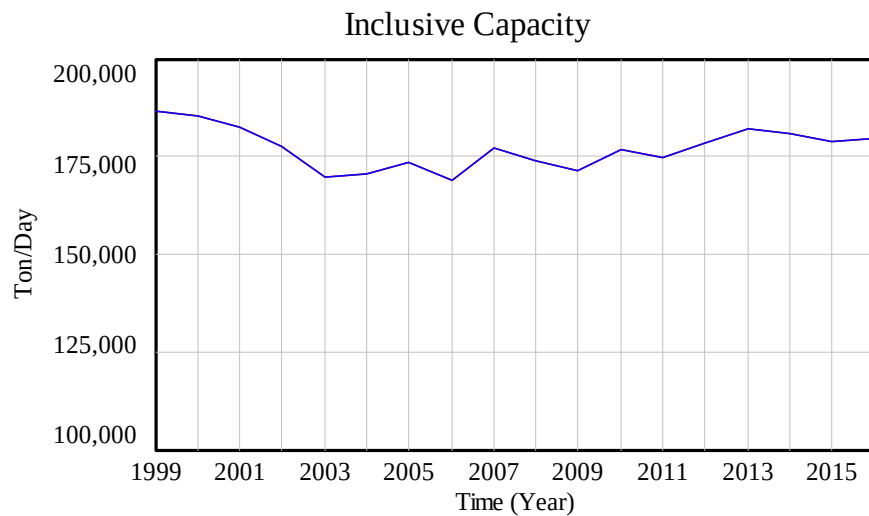
Sugar Production



Gambar 4.20 Hasil Produksi Gula Per Tahun

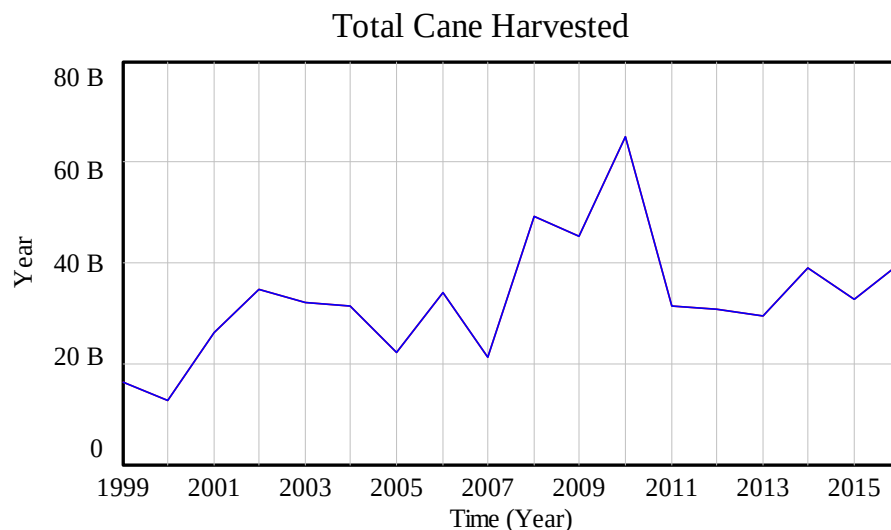
kehilangan gula (*sugar losses*). Hasil simulasi produksi gula ada pada gambar 4.20.

Kondisi nyata saat ini menunjukkan jam berhenti pabrik yang masih sangat tinggi. Hal ini dipengaruhi jarak lahan dan pabrik lebih dari 100 kilometer (km), yang tentunya jika dibandingkan dengan negara tetangga seperti di Thailand yang lahan pabriknya bersebelahan dengan lahan tebu mereka memang sangat jauh.



Gambar 4.21 Kapasitas dengan Jam Berhenti Pabrik (Inclusive Capacity)

Untuk melihat besaran produksi tebu per tahun yang dihasilkan petani tebu di Indonesia ada pada gambar 4.22.



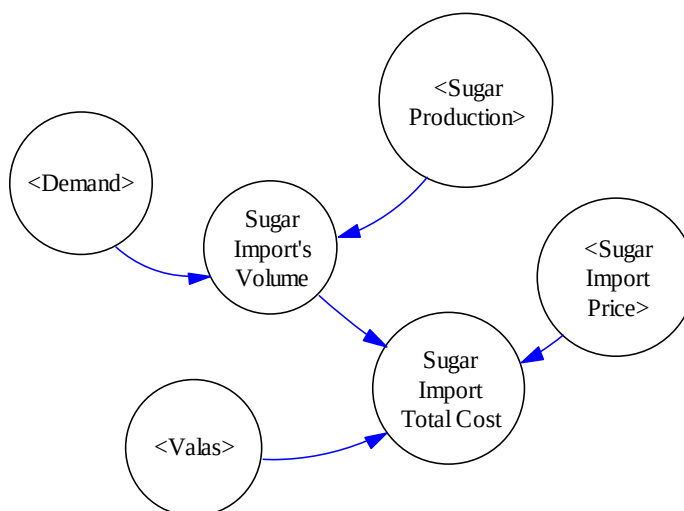
Gambar 4.22 Hasil Panen Tebu Per Tahun

Berdasarkan gambar 4.22 dapat diketahui hasil panen tebu dari beberapa daerah di Indonesia mengalami fluktuasi. Hal ini dikarenakan faktor cuaca yang

terus berubah, rendemen tebu setelah pengolahan yang tidak sesuai dengan harapan petani dan juga persaingan antar perusahaan swasta di luar PTPN X dan perusahaan swasta lain. Besaran rendemen juga bergantung kepada proses pengolahan tebu menjadi gula. Semakin tinggi jam berhenti sebuah pabrik dan ketersediaan sumber daya tebu juga sangat mempengaruhi besaran rendemen. Bila dibandingkan rendemen Indonesia saat ini berada di tingkat 7% sedangkan Thailand 11%. Untuk melihat kesesuaian data produksi gula pada kondisi saat ini dan membandingkan dengan hasil simulasi secara visual digunakan gambar 4.28.

4.7.6 Sub Model Volume Import

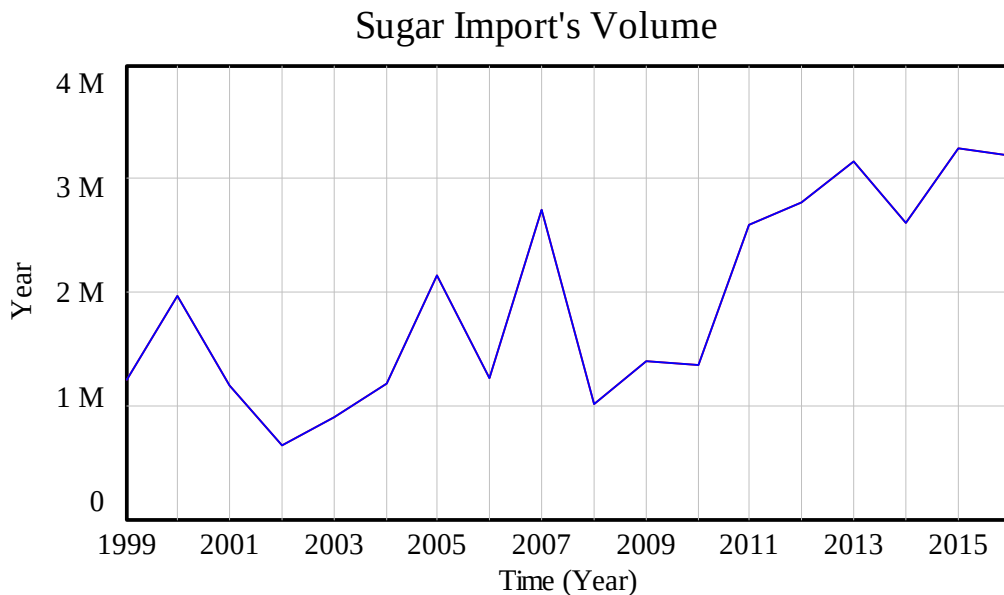
Kondisi nyata saat ini, Indonesia menjadi negara pengimpor gula. Pemicu dari impor gula adalah tingkat produksi gula yang masih rendah. Hal ini dikarenakan proses produksi di pabrik gula masih menggunakan mesin lama. Beberapa pabrik gula beralasan bahwa pendanaan adalah masalah utama dalam peremajaan mesin – mesin penggilingan tebu pada masa penjajahan Belanda. Perhitungan nilai harga gula impor ialah hasil dari perhitungan besar perhitungan permintaan gula dan jumlah produksi yang tidak berimbang. Selama ini PT. Perkebunan Nusantara X belum bisa mencukupi seluruh total konsumsi gula nasional. Submodel volume impor digambarkan pada gambar 4.23.



Gambar 4.23 Sub Model Harga Gula Impor

Sub model ini digunakan untuk menentukan prediksi harga gula impor berdasarkan volume impor dan jumlah total biaya yang dikeluarkan pemerintah untuk membeli gula impor. Tujuannya selain untuk menutupi kekurangan

produksi gula nasional juga untuk menekan inflasi. Gambar 4.23 menjelaskan harga gula impor sangat dipengaruhi jumlah gula impor harga untuk keseluruhan impor dan juga nilai tukar rupiah.



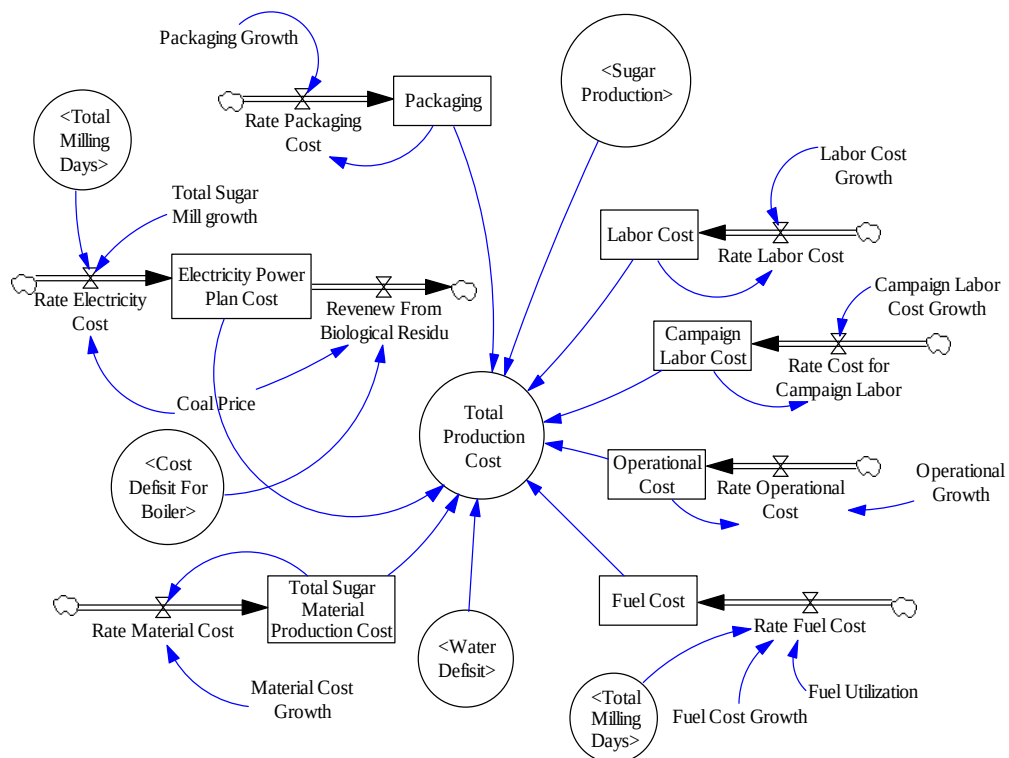
Gambar 4.24 Simulasi Total Volume Impor Gula

Untuk menjaga disparitas dan stabilitas harga gula pemerintah harus memperhatikan 4 aspek dalam melakukan impor gula. Aspek yang harus diperhatikan adalah jumlah permintaan, harga gula impor yang dapat berdaya saing dengan harga gula lokal, dan nilai tukar rupiah.

Volume impor gula Indonesia tergantung pada kebutuhan permintaan, disparitas harga, dan total produksi dalam negeri. Selama ini pemerintah Indonesia selalu mengimpor gula berdasarkan kekurangan pasokan gula dalam negeri. Ada banyak faktor yang mempengaruhi pasokan dalam negeri. Tetapi tren kondisi saat ini pemerintah melakukan impor gula karena produksi dalam negeri yang kurang.

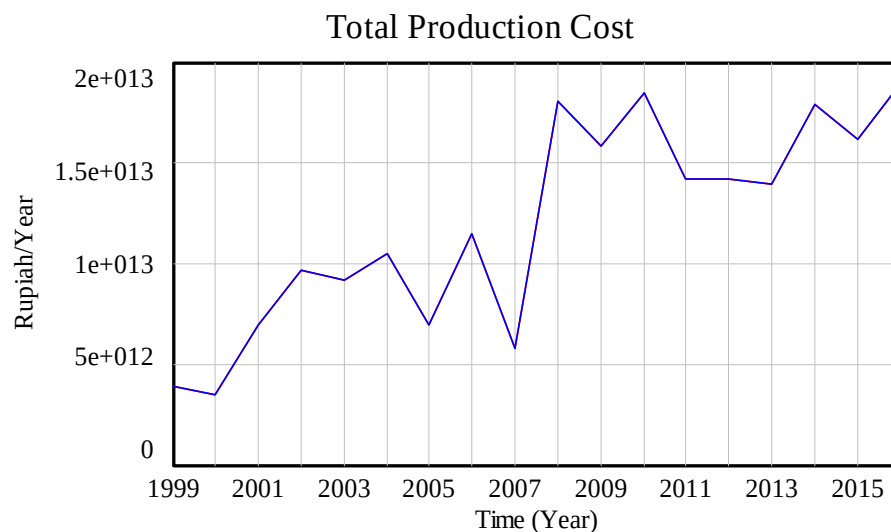
4.7.7 Sub Model Total Biaya Produksi Gula

Di dalam perhitungan biaya produksi ada beberapa komponen utama yang yang mempengaruhi biaya produksi gula. Biaya pengeluaran yang terbesar adalah biaya karyawan kampanye dan biaya gaji karyawan. Selain itu biaya operasional dan bahan bakar juga tergolong tinggi. Akan tetapi keseluruhan biaya produksi yang terbesar adalah biaya karyawan. Gambaran perhitungannya ada pada gambar 4.25.



Gambar 4.25 Sub Total Biaya Produksi Pabrik Gula

Gambar 4.25 merupakan sub model yang digunakan untuk menghitung seluruh biaya produksi gula. Besaran total produksi gula sangat tidak menentu bergantung pada jumlah panen tebu yang dihasilkan oleh petani. Semakin besar tebu yang dipanen biaya yang dikeluarkan juga akan meningkat. Komponen biaya yang mempengaruhi biaya produksi gula adalah bahan pembantu pengekstrak kristal gula yaitu: kapur dan belerang.



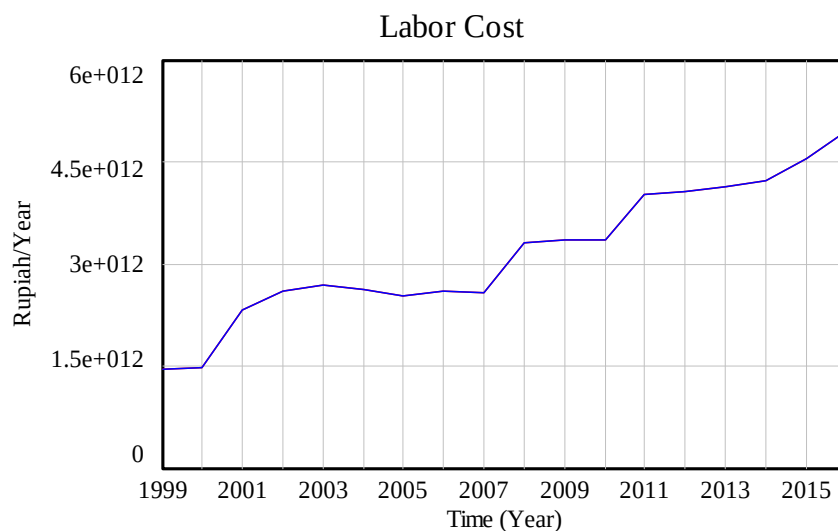
Gambar 4.26 Grafik Total Biaya Produksi Pabrik Gula

Sedangkan biaya rutin yang dikeluarkan yang sangat mempengaruhi produksi gula adalah karyawan kampanye atau karyawan yang direkrut pada saat musim giling tebu saja.



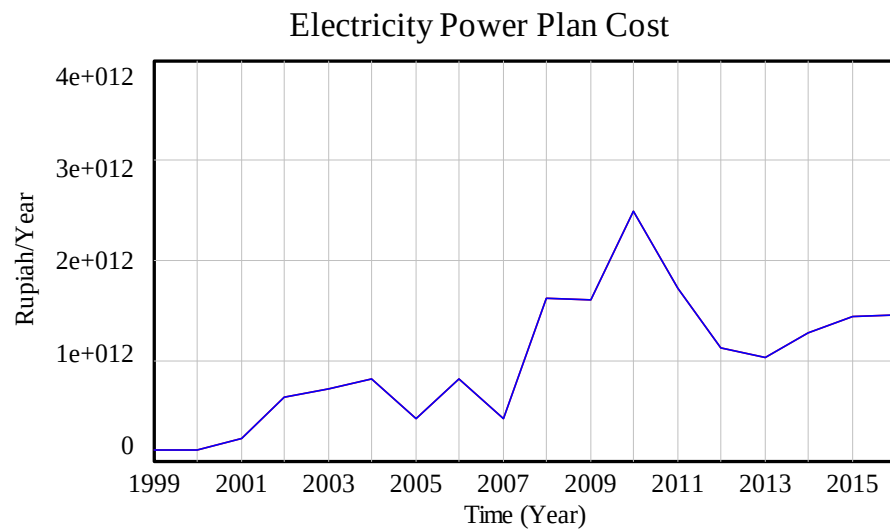
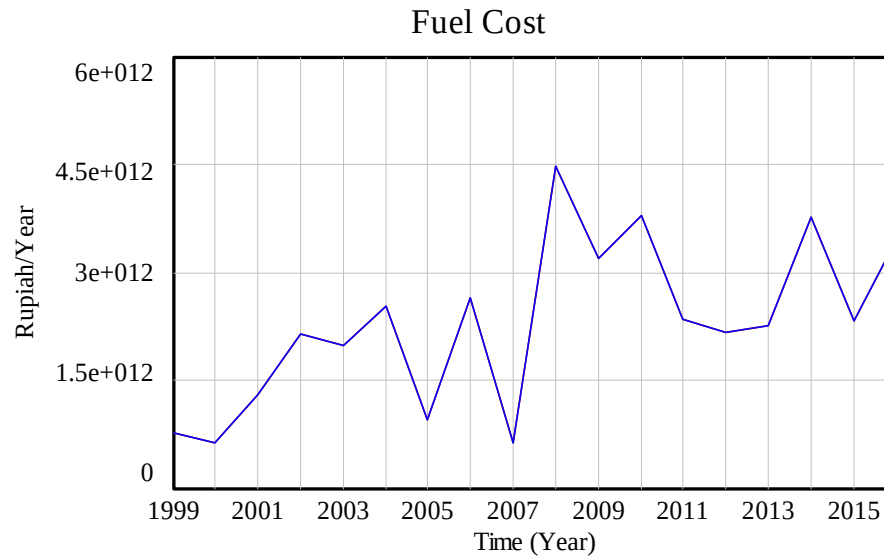
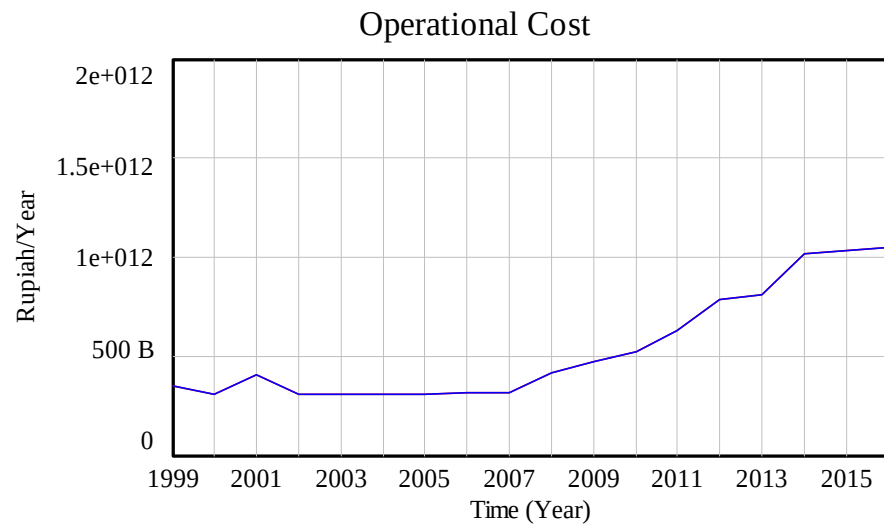
Gambar 4.27 Grafik Total Biaya Karyawan Kampanye

Dilihat pada grafik biaya karyawan kampanye ada kenaikan yang cukup tajam antara tahun 2007 sampai dengan 2009 dikarenakan jumlah produksi yang cukup meningkat tajam dan lama panen raya yang juga meningkat secara keseluruhan. Sedangkan komponen lain yang mempengaruhi biaya produksi gula adalah gaji karyawan dan komponen pengeluaran produksi lain ada pada gambar 4.29.



Gambar 4.28 Grafik Total Biaya Gaji Karyawan

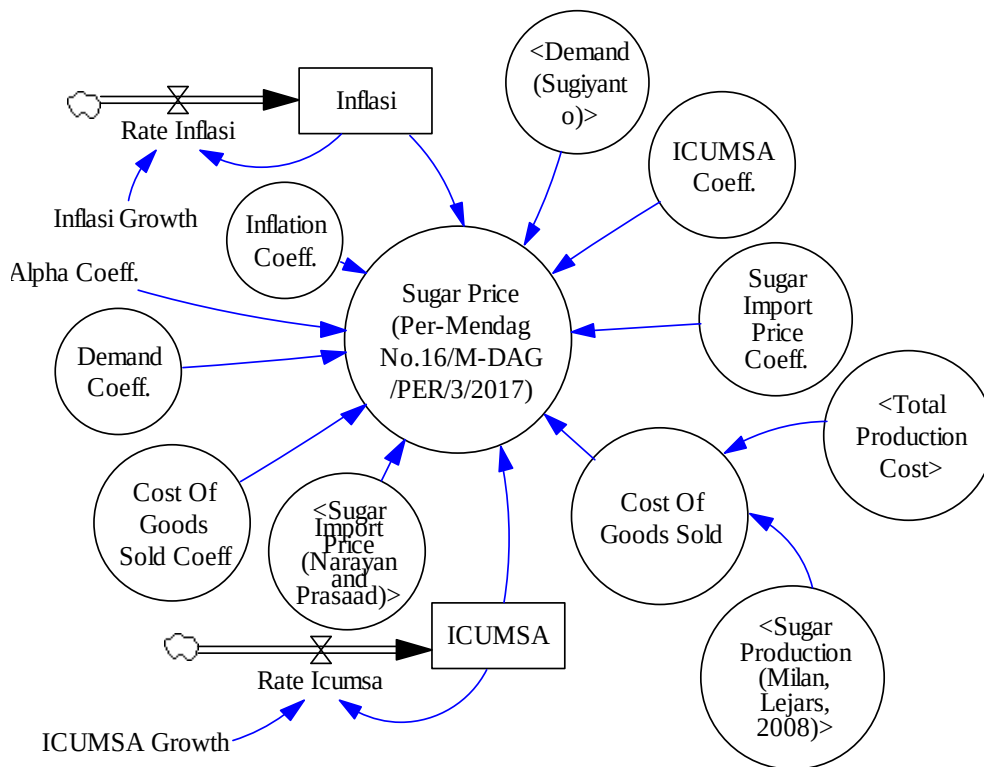
Gaji karyawan cenderung stabil artinya karyawan PT.Perkebunan Nusantara X cenderung tetap dan selalu bertambah dari tahun ke tahun. Dan jaminan produksi gula selalu ada.



Gambar 4.29 Grafik Total Biaya Operasional, Bahan Bakar Kendaraan, Boiler Pabrik Gula

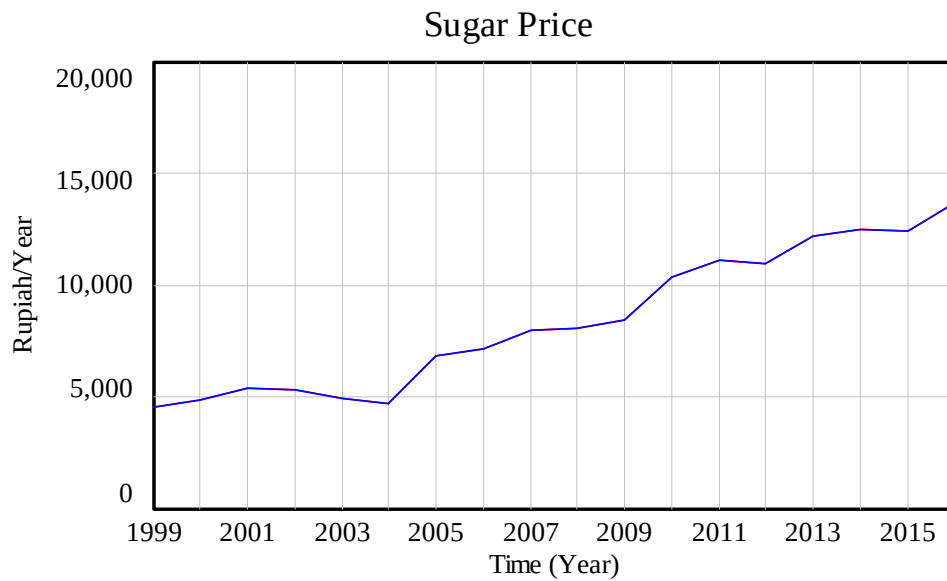
4.7.8 Sub Model Harga Gula

Penentuan harga gula adalah kesepakatan antara pedagang, pihak distributor dengan mempertimbangkan harga pokok penjualan. Akan tetapi sejak pendistribusian dilakukan oleh bulog dan pemerintah penentuan harga gula ditentukan oleh permintaan pasar, tingkat inflasi, nilai tukar mata uang dan harga pokok produksi. Harga eceran tertinggi ini adalah harga yang ditetapkan oleh pemerintah melalui kementerian perdagangan bukan harga pasaran seluruh Indonesia karena bergantung pada letak geografis Indonesia dan infrastruktur yang tersedia. Untuk lebih jelasnya dijelaskan pada gambar 4.16.



Gambar 4.30 Sub Model Perhitungan Harga Gula

Dari gambar 4.30 dapat diketahui perhitungan dilakukan analisa regresi seperti yang telah dilakukan sebelumnya dan dimasukkan persamaan regresi ke dalam model dasar yang telah dibuat.

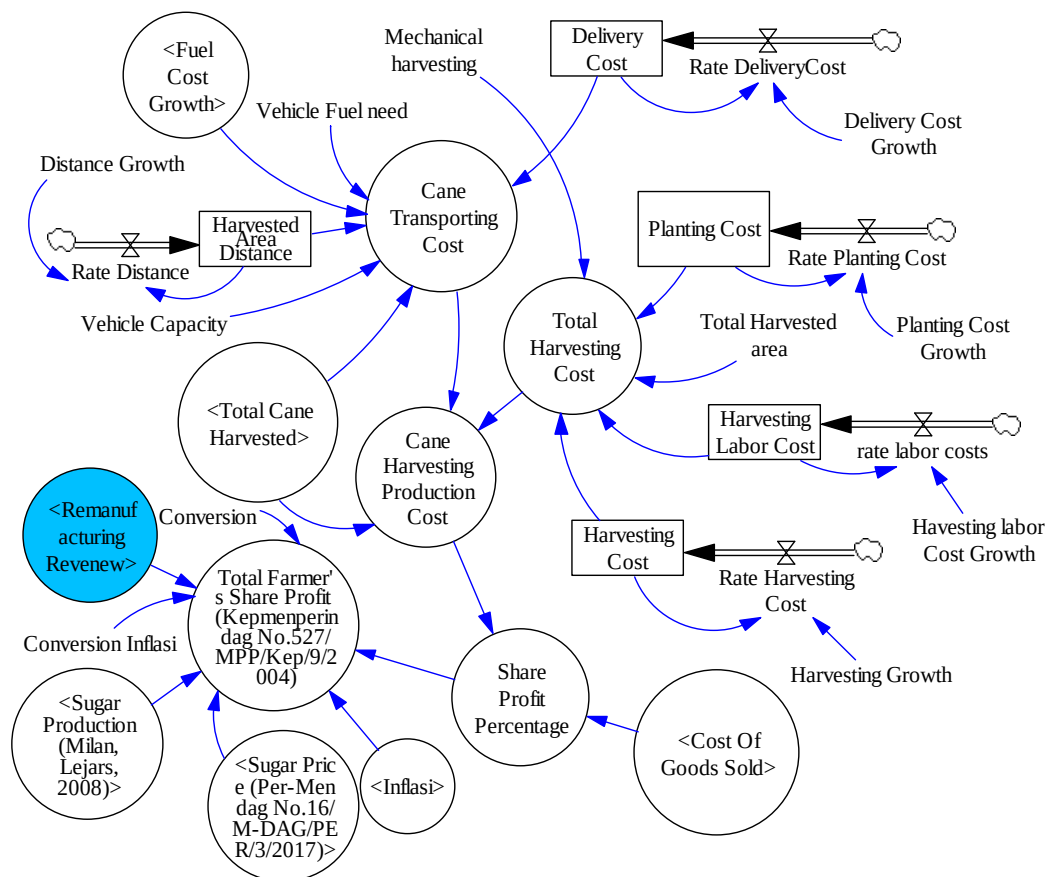


Gambar 4.31 Sub Model Perhitungan Harga Gula

Perhitungan harga gula dalam negeri bergantung kepada peran pemerintah di dalam menjaga disparitas harga gula. Di dalam menetapkan harga gula ada beberapa faktor yang dijadikan acuan. Faktor yang ditetapkan adalah angka inflasi, tingkat harga satuan atau harga pokok produksi, faktor permintaan, harga gul impor dan nilai tukar rupiah. Untuk mengetahui hasil simulasi digambarkan pada gambar 4.31. Meskipun cenderung mengalami kenaikan harga gula sepenuhnya masih dapat dikontrol oleh pemerintah. Penetapan harga gula yang dimaksud dalam penelitian ini adalah harga dasar yang sudah ditentukan pemerintah kepada bulog. Harga gula yang ada di tangan konsumen langsung adalah harga gula yang ditentukan oleh swasta.

4.7.9 Sub Model Bagi Hasil

Sebagian besar petani tidak mengerti perhitungan bagi hasil yang akan didapat dari tebu yang diproduksi oleh pabrik gula. Untuk memudahkan perhitungan pembagian pendapatan yang akan diterima maka dibuat sub model perhitungan bagi hasil atau share profit. Sub model yang terbentuk digambarkan pada gambar 4.13.

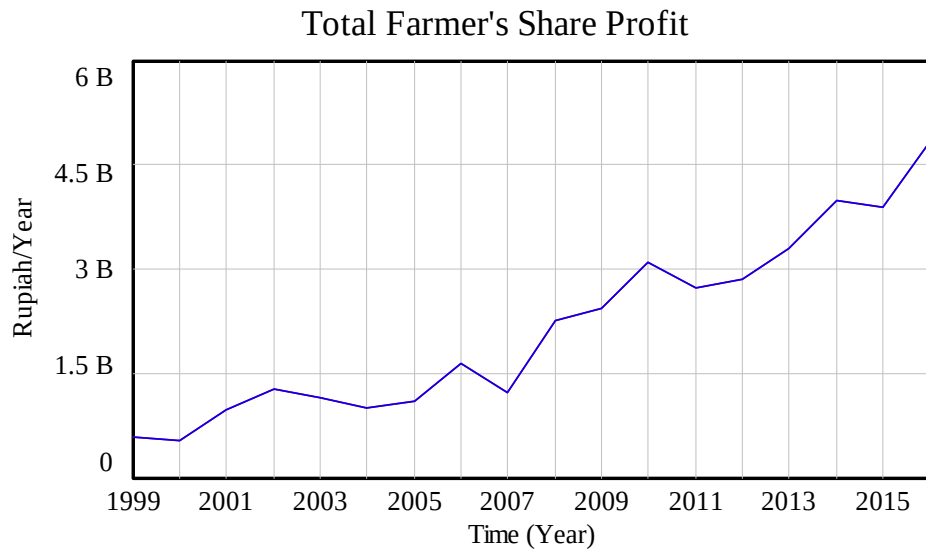


Gambar 4.32 Sub Model Bagi Hasil dengan Petani Tebu

Sub model ini digunakan untuk memudahkan perhitungan laba bersih pendapatan perusahaan. Jumlah bagi hasil adalah langkah yang ditempuh pemerintah untuk menyejahterakan petani gula dan pabrik gula. Nilai dari bagi hasil seperti diatur dalam peraturan menteri perdagangan Kepmenperindag No.527/MPP/Kep/9/2004. Jumlah presentase bagi hasil sendiri diatur dengan rumus:

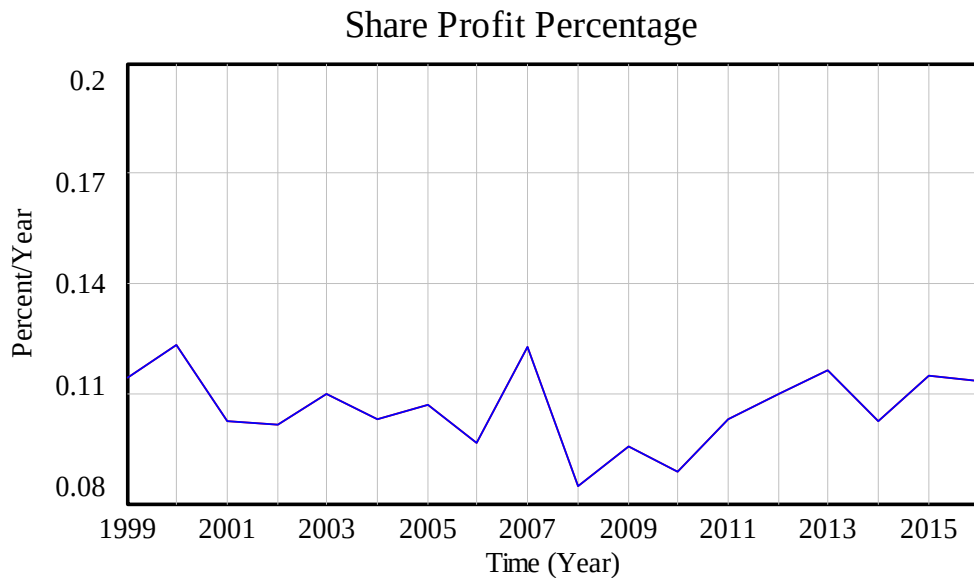
$$\frac{\text{Biaya Pokok Produksi}}{\text{Harga Pokok Produksi}} \times \% \text{Rendement} \times \text{Bobot Tebu}(\text{petani}) \times \text{Harga Gula} \dots\dots(4.6)$$

Gambar 4.32 menggambarkan bahwa bagi hasil keuntungan gula untuk petani tebu didapatkan dari perhitungan jumlah rendemen gula dikalikan dengan jumlah panen tebu yang mereka dapatkan dan hasilnya dikurangi dengan total biaya pengiriman dari lokasi lahan sampai dengan pabrik gula.



Gambar 4.33 Simulasi Bagi Hasil Petani Tebu

Hasil simulasi bagi hasil menunjukkan jumlah angka yang berfluktuasi. Hal ini menandakan pendapatan petani tebu juga mengalami pasang surut. Salah satu penyebab rendahnya bagi hasil pendapatan gula juga disebabkan pihak PT.Perkebunan Nasional kini membeli gula dari petani dan tidak membeli tebu. Artinya bukan jumlah tebu yang dibeli oleh pabrik gula melainkan tergantung dari jumlah rendemen yang dihasilkan oleh tebu.



Gambar 4.34 Simulasi Presentase Bagi Hasil Petani Tebu

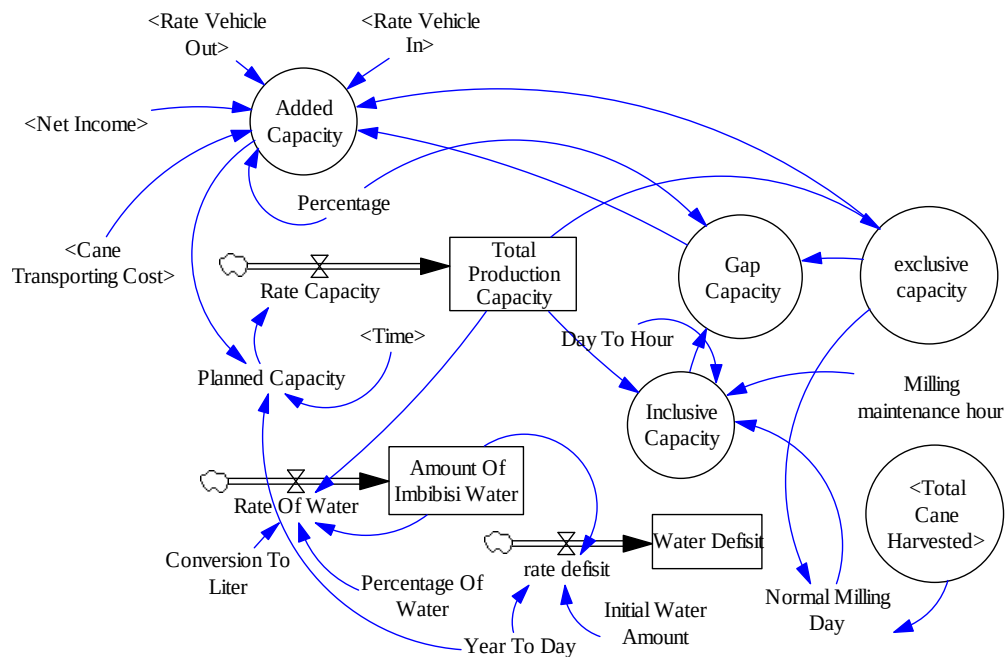
Semakin tinggi rendemen hasil panen tebu maka pendapatan petani tebu juga akan meningkat. Akan tetapi belum menunjukkan grafik kenaikan yang signifikan.

Gambar grafik hasil simulasi presentase bagi hasil petani ditunjukkan pada gambar 4.34.

4.7.10 Sub Model Perhitungan Kapasitas Produksi

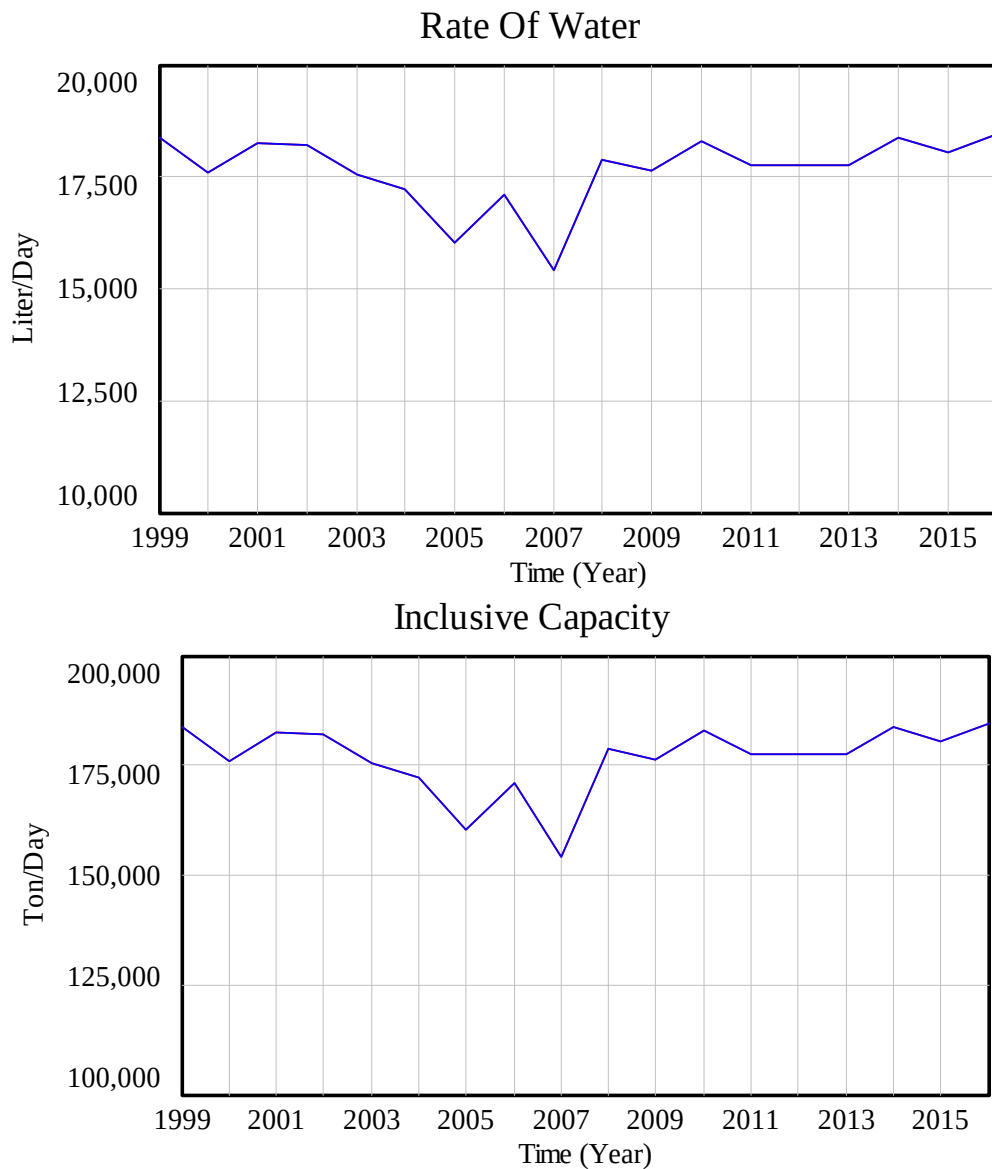
Air adalah elemen paling penting dari produksi gula. Kadar air yang terkandung dalam gula tidak boleh melebihi angka 10%. Jika kadar air dalam gula lebih dari 10% maka gula yang terbentuk akan cepat menggumpal dan bakteri yang terkandung di dalamnya akan semakin meningkat. Untuk memudahkan perhitungan besar debit air dan perencanaan air yang dibutuhkan dibentuk sub model perhitungan debit air pada gambar 4.35. Dikarenakan gula yang baik memiliki kandungan air yang kurang dari 10% maka jumlah debit air yang dihasilkan dan diperiapkan adalah 10% dari total kapasitas produksi. Dengan kata lain penjelasan pada gambar 4.35 jumlah debit rata – rata yang diperlukan selalu memiliki nilai yang dinamis karena bergantung pada kapasitas giling yang cenderung dinamis.

Saat ini pabrik gula yang ada di Indonesia masih menggunakan mesin-mesin peninggalan jaman Hindia-Belanda saja dengan pertimbangan ketersediaan bahan baku yang terbatas.

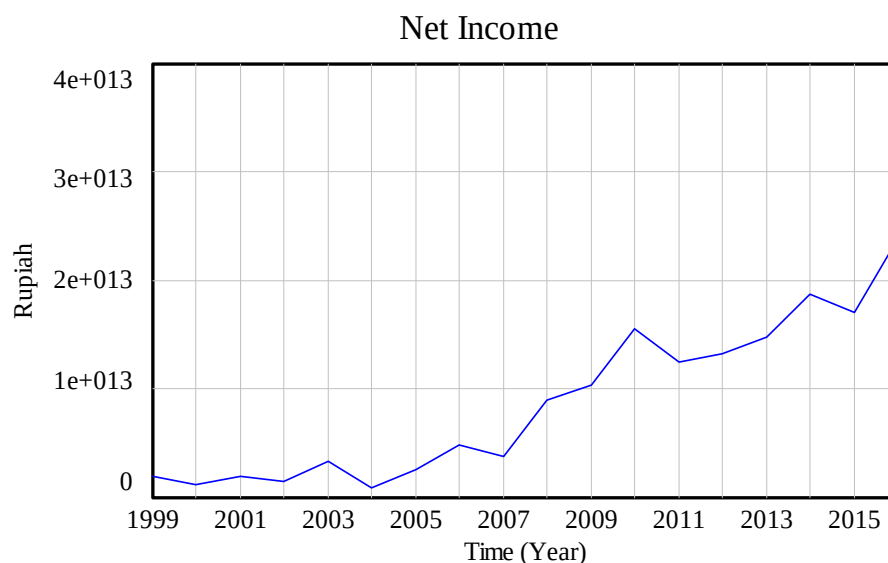


Gambar 4.35 Sub Model Perhitungan Debit Air dan Kapasitas

Setiap kekurangan atau penambahan volume debit air maka akan menambah biaya produksi. Dari gambar 4.35 ada dua jenis kapasitas yang berperan sebagai parameter untuk mengukur kinerja produksi gula di pabrik gula, yaitu inclusive capacity dan exclusive capacity. Perbedaan antara inclusive dan exclusive capacity terletak pada perkiraan penghentian mesin giling.



Model ini juga merupakan kelangsungan usaha gula dan rasio keuntungan bersih terhadap investasi (Maiga et al., 2015) dan total penjualan (Scotti and Volta, 2017) yang dikeluarkan oleh pabrik gula. Kemampuan ini disebut juga dengan profitabilitas dimana juga merupakan tolak ukur keberhasilan perusahaan dalam menjalankan usahanya. Semakin besar profitabilitas maka semakin besar minat investor untuk menanamkan modal di perusahaan tersebut.



Gambar 4.38 Grafik Simulasi Laba (Profit) dan Profitabilitas Pabrik Gula

Untuk itu PT. Perkebunan Nusantara X harus memaksimalkan keuntungannya untuk usaha produksi gula yang lebih baik untuk memenuhi kebutuhan gula nasional. Gambaran hasil simulasinya ada pada gambar 4.21. Gambar 4.20 laba perusahaan diberikan untuk investasi baik di mesin dan material produksi dan investasi untuk sistem produksi gula termasuk pelatihan dan training perusahaan.

4.8 Validasi

Hasil dari simulasi akan divalidasi untuk memastikan bahwa model yang dibuat benar-benar dapat menggambarkan kondisi sistem nyata. Validasi sistem dilakukan dengan dua cara pengujian Yaman Barlas yaitu validasi model dengan statistik uji perbandingan rata-rata atau *mean comparison* dan validasi model dengan uji perbandingan variasi amplitudo atau *% error variance*, dimana model dianggap valid bila $E1 \leq 5\%$ dan $E2 \leq 30\%$.

4.8.1 Konsumsi Langsung

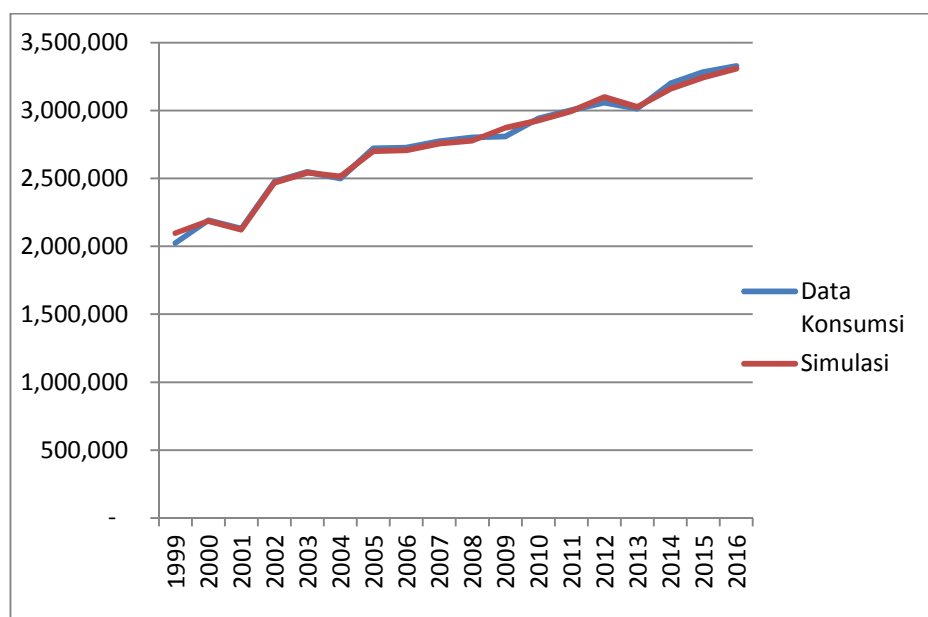
Gambaran konsumsi tidak langsung gula menunjukkan bahwa dari tahun 1999-2016 konsumsi gula untuk industri makanan dan minuman dan industri lain berbahan dasar gula terus mengalami peningkatan. Faktor-faktor pendukung konsumsi tidak langsung gula seperti PDB, harga gula impor juga sangat stabil dan cenderung mendukung konsistensi konsumsi tidak langsung gula nasional. Untuk lebih memahami detail jumlah konsumsi tidak langsung gula nasional dapat digambarkan secara visual dalam bentuk grafik pada gambar 4.24 dan untuk mengetahui perbandingan uji statistika yang mendetail perbandingan hasil simulasi dan kondisi nyata dapat dilihat pada tabel 4.26. Untuk melihat perbedaan uji statistika (Barlas and Carpenter, 1990) hasil uji simulasi secara visual dan angka pertumbuhan konsumsi langsung yang disajikan dalam bentuk grafik dapat dilihat pada gambar 4.35. Sedangkan untuk melihat perbedaan angka konsumsi dan hasil simulasi ada pada tabel 4.25. Dari grafik 4.35 dapat dilihat bahwa nilai hasil simulasi konsumsi langsung hampir mendekati nilai kenyataan. Hanya saja terdapat perbedaan di ujung grafik nilai simulasi. Hal ini dikarenakan nilai dari konsumsi perkapita tahunan mengalami peningkatan sedangkan nilai pertumbuhan populasi cenderung mengalami penurunan. Data dari nilai simulasi dan uji statistic dapat dilihat pada tabel 4.24.

Tabel 4.24 Tabel Hasil Konsumsi Langsung

Tahun	Konsumsi Langsung (ton)	Simulasi
1999	2,094,730	2098170
2000	2,292,558	2187693
2001	2,129,403	2122588
2002	2,366,147	2368954
2003	2,448,032	2442866
2004	2,501,121	2514998
2005	2,701,359	2701907
2006	2,706,830	2706801
2007	2,794,231	2776345
2008	2,771,055	2778284
2009	2,809,082	2872807
2010	2,941,186	2926158
2011	2,902,468	2994377

Tahun	Konsumsi Langsung (ton)	Simulasi
2012	3,059,563	3025504
2013	3,142,625	3142009
2014	3,199,109	3099985
2015	3,113,308	3118603
2016	3,367,929	3309108
Rata-rata	2741818.667	2732619.67
Standar Deviasi	397864.1262	370696.712
Confidence Level	204562.8577	190594.6624
E1		0.31%
E2		0.47%
Selisih Confidence Level		0.47%

Tabel 4.24 memperlihatkan jika nilai dari uji statistic terhadap simulasi konsumsi langsung sangat baik karena nilai E1(*mean comparison*) yakni 0.01% sedangkan variasi amplitudo atau E2 mencapai 0.47%. Menurut (Barlas, 1989b) nilai tersebut dikatakan valid karena standar nilai E1 adalah kurang dari 5%, sedangkan nilai E2 standarnya adalah kurang dari 30%. Untuk menguji nilai kepercayaan terhadap model yang telah dibuat digunakan nilai confidence level yang ada pada excel. Hasilnya dengan nilai alpha (5%) dan standar deviasi, hasilnya nilai konsumsi langsung adalah 204562.8577 dan nilai hasil simulasi adalah 185902.8409. selisih dari nilai confidence level adalah -0.47%. Nilainya masih dibawah nilai alfa 5% yaitu 0.47%.



Gambar 4.39 Grafik Validasi Simulasi Konsumsi Langsung

Dari grafik 4.39 dapat dilihat bahwa nilai hasil simulasi konsumsi langsung hampir mendekati nilai kenyataan. Ini berarti model yang dibuat sudah sesuai dengan kondisi nyata konsumsi gula nasional.

4.8.2 Konsumsi Tidak Langsung

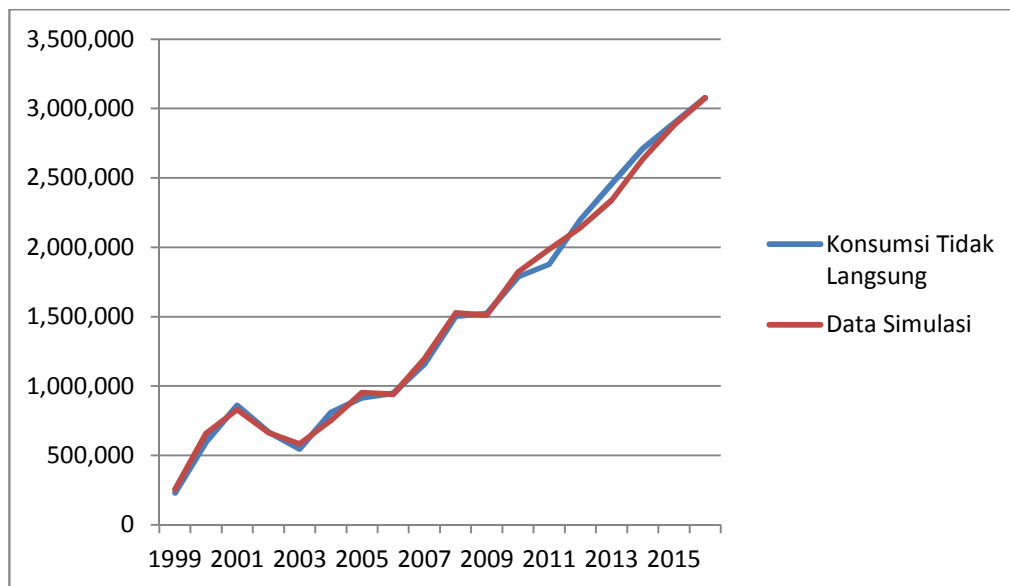
Gambaran konsumsi tidak langsung gula menunjukkan bahwa dari tahun 1999-2016 konsumsi gula untuk industri makanan dan minuman dan industri lain berbahan dasar gula terus mengalami peningkatan. Faktor-faktor pendukung konsumsi tidak langsung gula seperti PDB, harga gula impor juga sangat stabil dan cenderung mendukung konsistensi konsumsi tidak langsung gula nasional. Untuk lebih memahami detail jumlah konsumsi tidak langsung gula nasional dapat digambarkan secara visual dalam bentuk grafik pada gambar 4.24 dan untuk mengetahui perbandingan uji statistika yang mendetail perbandingan hasil simulasi dan kondisi nyata dapat dilihat pada tabel 4.26.

Tabel 4.25. Hasil Simulasi Konsumsi Tidak Langsung Gula Nasional

Tahun	Konsumsi Tidak Langsung (Ton)	Simulasi
1999	230,911	354,029.06
2000	498,340	611,456.19
2001	961,224	729,834.50
2002	809,761	636,683.06
2003	546,938	620,911.06
2004	809,443	765,379.00
2005	715,814	931,090.06
2006	958,945	975,094.81
2007	1,358,660	1,116,060.50
2008	1,483,270	1,467,239.88
2009	1,522,180	1,445,421.38
2010	1,787,879	1,715,725.38
2011	1,876,539	1,925,116.88
2012	2,197,532	2,073,608.13
2013	2,456,907	2,505,857.00
2014	2,709,875	2,636,391.25
2015	2,794,763	2,838,997.75
2016	2,975,698	3,060,452.75
Rata-rata	1483037.722	1467186.0347
Standar Deviasi	862071.5307	859969.530

Tahun	Konsumsi Tidak Langsung (Ton)	Simulasi
Confidence Level	443236.2816	442155.5325
E1		1.07%
E2		0.24%
Selisih Confidence Level		0.24%

Dari tabel 4.25 dapat ditarik kesimpulan keadaan ekonomi sosial masyarakat terus menanjak naik dan cenderung stabil dari tahun ke tahun. Hasil analisa uji statistika terhadap model dasar konsumsi tidak langsung membuktikan bahwa model dasar yang telah dibuat dapat dipercaya dan valid. Ini dibuktikan dengan nilai E1 sebesar 1.07% artinya model yang dibuat memiliki standar eror kurang dari 5% dan E2 memiliki nilai 0.24%. ini berarti model memiliki standar deviasi kurang dari 30%. Dan juga memiliki nilai confidence kondisi nyata sebesar 443236.2816, sedangkan hasil simulasi memiliki nilai confidence level 442155.5325. jika dibandingkan, persentase selisih antara hasil simulasi dengan kondisi nyata hanya 0.24% menggambarkan jika model yang sudah dibuat sudah valid dan dapat diandalkan. Untuk melihat data hasil konsumsi secara visual dapat dilihat pada gambar 4.40.



Gambar 4.40 Grafik Validasi Konsumsi Tidak Langsung Gula

Dari gambar 4.40 dapat dilihat grafik hasil simulasi hampir mendekati kenyataan. Gap yang ada pada kondisi nyata dan hasil simulasi tidak terlalu jauh.

Hal ini berarti model dan persamaan matematika yang dipakai dalam model sudah valid dan dapat diandalkan.

4.8.3 Permintaan

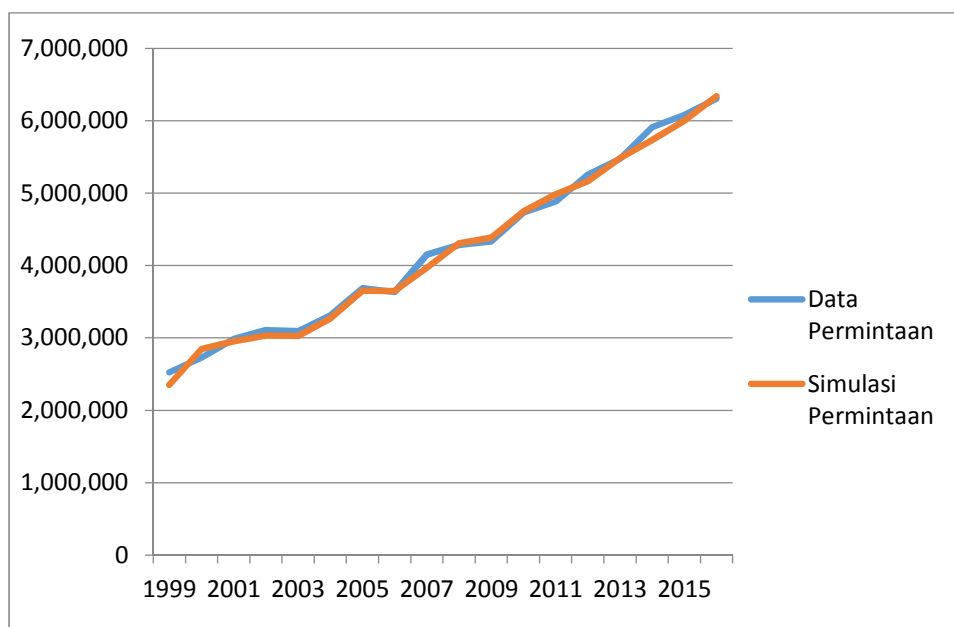
Tren permintaan memang cenderung bergantung pada jumlah konsumsi gula tidak langsung. Hasil simulasi menunjukkan nilai yang dihasilkan tidak jauh dari kondisi saat ini. Untuk lebih detail mengenai validasi simulasi permintaan data tersaji dalam tabel 4.26.

Tabel 4.26. Hasil Simulasi Konsumsi Permintaan Gula Nasional

Tahun	Demand	Simulasi
1999	2,523,469	2792001
2000	2,427,743	2480749
2001	2,985,954	3124780
2002	3,285,908	3066957
2003	3,094,970	3090821
2004	3,310,564	3276686
2005	3,387,173	3581903
2006	3,635,775	3772135
2007	4,152,891	3740173
2008	4,284,325	4147723
2009	4,331,262	4280629
2010	4,729,065	4581969
2011	4,879,007	5001015
2012	5,257,095	5309818
2013	5,471,532	5680971
2014	5,908,984	5876375
2015	6,078,071	5949471
2016	6,303,627	6010594
Rata-rata	4,224,856	4216242.24
Standar Deviasi	1227527.742	1206312.040
Confidence Level	631136.527	620228.4197
E1		0.20%
E2		1.73%
Selisih Confidence Level		1.73%

Tabel simulasi permintaan gula nasional menunjukkan jika nilai E1 masih di bawah 5%. Ini membuktikan bahwa model yang telah dibuat sudah tepat dan nilai E2 mempunyai nilai yang baik pula karena kurang dari 30%. Tren konsumsi tidak langsung terus menanjak jika dilihat pada gambar 4.23. sedangkan konsumsi

langsung juga mengalami peningkatan tetapi tren yang ada menunjukkan konsumsi langsung gula cenderung menurun. Untuk melihat tampilan sesuai dengan grafik digunakan validasi dalam bentuk grafik yang ditampilkan pada gambar 4.41.



Gambar 4.41 Hasil Simulasi Permintaan

Dapat dilihat pada gambar 4.17 memiliki hasil yang baik karena gap yang ada semakin kecil artinya hasil validasi model dasar yang telah dibuat dapat diandalkan.

4.8.4 Losses Gula

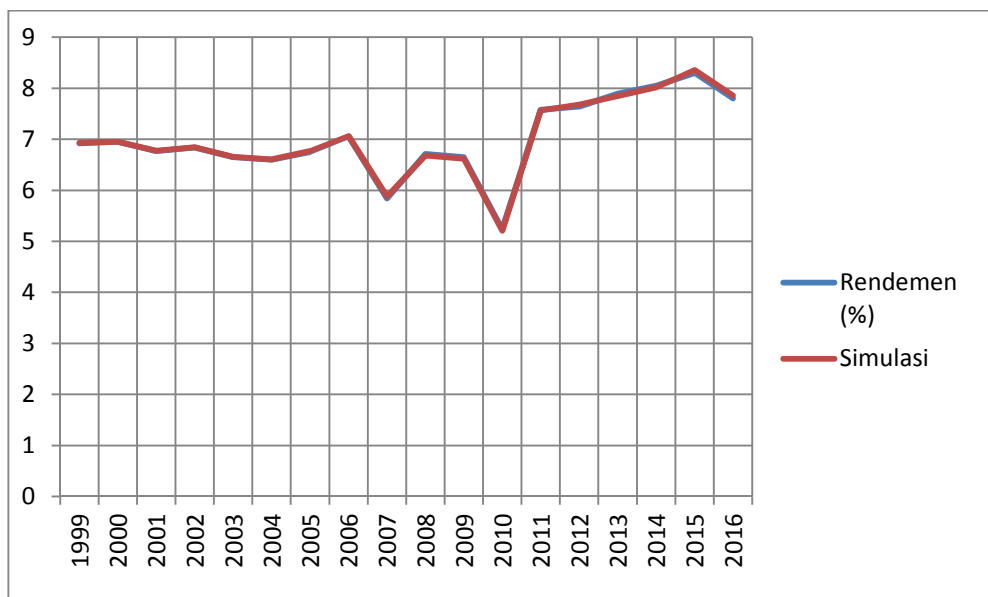
Untuk hasil validasi simulasi secara visual dapat dilihat pada gambar 4.41 untuk validasi rendemen gula. Dan tabel data secara rinci termasuk standar eror dan amplitudo dapat dilihat pada tabel 4.27.

Tabel 4.27. Hasil Simulasi Rendemen Tebu Nasional

Tahun	Rendemen (%)	Simulasi
1999	6.96	6.929296494
2000	7.05	6.951209068
2001	6.70	6.777159691
2002	6.62	6.845825195
2003	6.67	6.6581707
2004	6.58	6.60282135
2005	6.63	6.769433022
2006	7.06	7.066380501

Tahun	Rendemen (%)	Simulasi
2007	5.84	5.876214981
2008	6.68	6.683124542
2009	6.61	6.61756897
2010	5.23	5.205096245
2011	7.55	7.562587738
2012	7.64	7.680528641
2013	7.87	7.846605301
2014	8.05	8.018161774
2015	8.30	8.35385704
2016	7.70	7.855356216
Rata-rata	6.985294	7.02
Standar Deviasi	0.77219735	0.776
Confidence Level	0.397027242	0.398978838
E1		0.4%
E2		-0.5%
E3		-0.5%

Tabel 4.31 membuktikan bahwa model yang sudah dibuat sudah valid dan dapat diandalkan dengan nilai E1 kurang dari 5% dan E2 kurang dari 30%. Sedangkan nilai confidence level kondisi nyata adalah 0.492977353. sedangkan nilai confidence level dari hasil simulasi adalah 0.492977353. secara prosentase selisih antara kondisi nyata dan juga simulasi masih bisa diterima walaupun memiliki nilai kurang dari 5%.



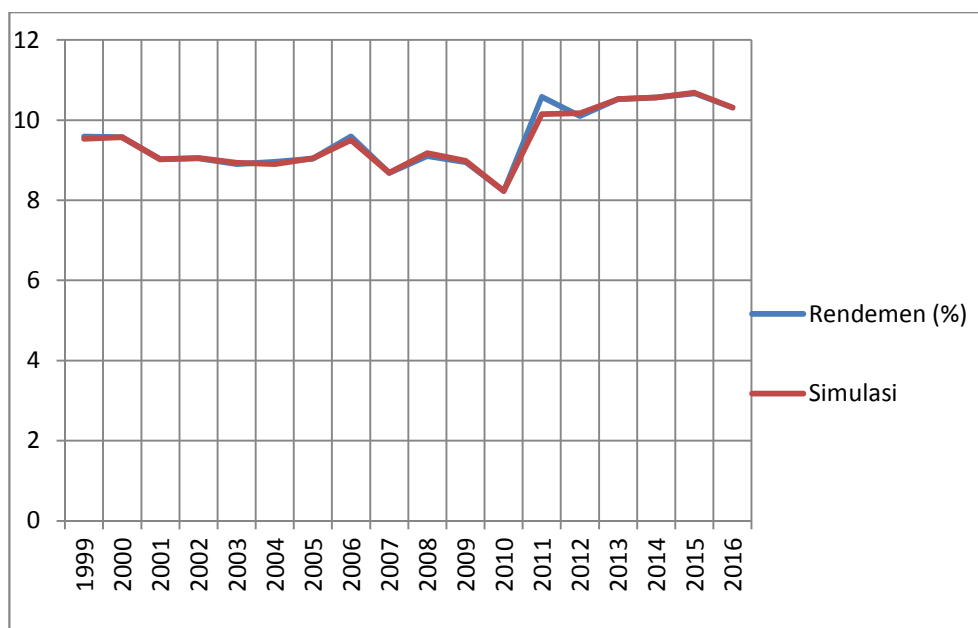
Gambar 4.42 Grafik Hasil Simulasi Rendemen

Berdasarkan gambar 4.42 dapat dikatakan bahwa hasil simulasi dan rendemen memiliki nilai yang hampir sama atau dengan kata lain memiliki gap nilai yang tidak terlalu jauh. Hal ini berarti sub model dasar yang telah dibuat sudah mewakili nilai kondisi nyata. Sementara untuk hasil pol tebu kondisi nyata dan simulasi ditampilkan pada tabel 4.28.

Tabel 2.28 Hasil simulasi Pol Tebu

Tahun	Pol (%)	Simulasi
1999	9.59	9.533390999
2000	9.71	9.574682236
2001	8.73	9.021840096
2002	8.92	9.057489395
2003	8.90	8.932451248
2004	9.46	8.90089035
2005	8.57	9.047801018
2006	8.79	9.50317955
2007	8.28	8.685508728
2008	8.90	9.17140007
2009	9.05	8.979120255
2010	8.35	8.234762192
2011	10.58	10.14983368
2012	10.70	10.17447281
2013	9.80	10.52408791
2014	10.28	10.56192684
2015	10.79	10.6798687
2016	10.34	10.31965828
Rata-rata	9.501444444	9.50
Standar Deviasi	0.750723512	0.734
Confidence Level	0.385986413	0.377553914
E1		-0.04%
E2		2.18%
E2		2.18%

Hasil simulasi pol tebu menunjukkan jika model dasar yang dibuat sudah sesuai dengan keadaan nyata. Hasil E1 menunjukkan nilai 0.78% yang nilainya kurang dari 5%. Dan E2 sebesar 2.18% masih dibawah standar 30%. Sedangkan nilai confidence level selisihnya kurang dari 5% sebesar 2,18%. Dan secara visual dapat digambarkan pada gambar 4.43.



Gambar 4.43 Grafik Hasil Simulasi Pol Tebu

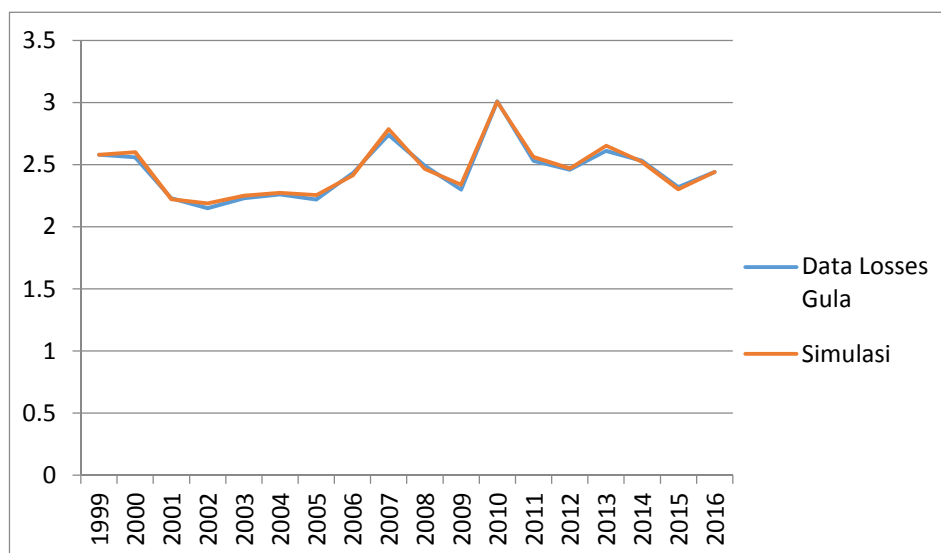
Berdasarkan gambar 4.43 dapat dikatakan bahwa hasil simulasi dan rendemen memiliki nilai yang hampir sama atau dengan kata lain memiliki gap nilai yang tidak terlalu jauh. Untuk mengetahui secara visual data losses gula dapat dilihat pada gambar 4.43.

Tabel 4.29 Simulasi Sugar Loss

Tahun	Sugar Loss	Simulasi
1999	2.63	2.70
2000	2.66	2.72
2001	2.23	2.34
2002	2.25	2.30
2003	2.33	2.37
2004	2.46	2.39
2005	2.22	2.37
2006	2.23	2.53
2007	2.74	2.90
2008	2.19	2.58
2009	2.50	2.45
2010	3.21	3.12
2011	2.63	2.68
2012	2.56	2.59
2013	2.61	2.77
2014	2.63	2.64
2015	2.49	2.42
2016	2.64	2.56

Tahun	Sugar Loss	Simulasi
Rata-rata	2.516	2.550
Standar Deviasi	0.253	0.251
Confidence Level	0.130	0.129
E1		1.36%
E2		0.77%
E2		0.77%

Dari tabel 4.29 dapat dikatakan model simulasi dasar yang telah dibuat dapat diterima dengan nilai E1 sebesar 1.36% yang masih lebih kecil dari batas standar eror yaitu 5%. Nilai E2 sebesar 0.77% juga lebih kecil jika dibandingkan dengan standar yaitu 30%. Ini membuktikan jika model dasar yang telah dibuat tidak menyimpang dari nilai perhitungan nyata losses gula di proses produksi pabrik gula.



Gambar 4.44 Grafik Hasil Simulasi Losses Gula

Dari gambar 4.44 dapat dilihat jika nilai kondisi nyata dan hasil simulasi untuk losses gula tidak memiliki selisih yang signifikan. Artinya model yang dibuat sudah dapat diandalkan.

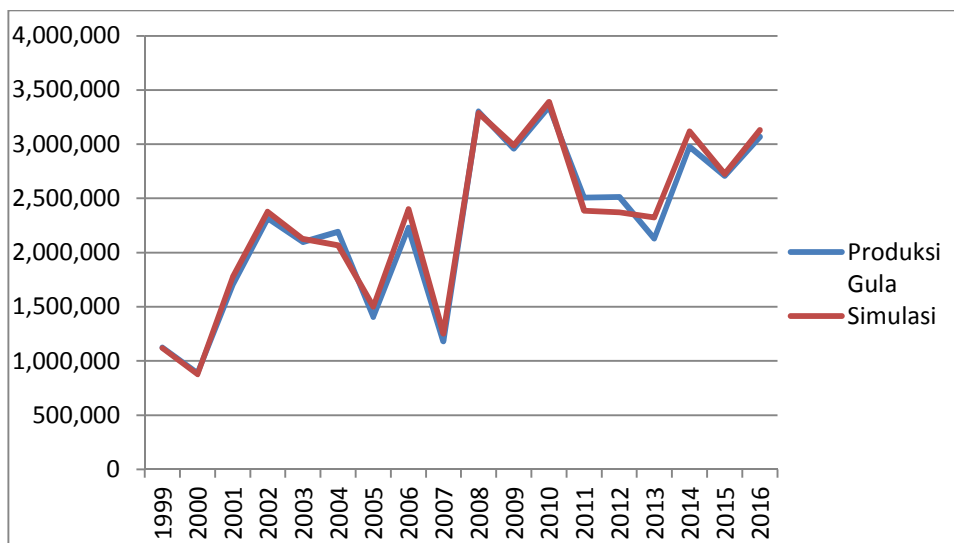
4.8.5 Produksi Gula

Untuk melihat kesesuaian data produksi gula pada kondisi saat ini dan membandingkan dengan hasil simulasi digunakan tabel 4.30. sedangkan untuk melihat hasil perbandingannya secara visual digunakan gambar 4.45.

Tabel 4.30 Simulasi Produksi Gula

Tahun	Impor Gula	Simulasi
1999	1,124,519	1,119,560
2000	889,224	876,770
2001	1,701,485	1,774,054
2002	2,314,982	2,376,014
2003	2,097,766	2,125,921
2004	2,190,774	2,066,484
2005	1,406,686	1,499,607
2006	2,229,833	2,401,964
2007	1,180,103	1,251,737
2008	3,300,381	3,287,202
2009	2,957,735	2,988,311
2010	3,346,540	3,388,990
2011	2,507,757	2,385,595
2012	2,513,317	2,370,830
2013	2,127,729	2,322,911
2014	2,975,141	3,119,704
2015	2,708,130	2,726,333
2016	3,068,521	3,130,464
Rata-rata	2,257,812	2289580.44
Standar Deviasi	754140.0334	756331.414
Confidence Level	387743.0264	388869.7305
E1		1.41%
E2		-0.29%
E3		-0.29%

Nilai dari E1 menunjukkan angka 0.45% berarti masih dibawah standar 5% dan nilai E2 menunjukkan angka 6% juga masih dibawah standar 30%. Nilai E1 dan E2 menunjukkan bahwa model dasar yang telah dibuat mendekati keadaan nyata dan dapat diterima. Sedangkan angka kepercayaan masih diatas 6%. Nilai tersebut selanjutnya akan dimasukkan ke dalam grafik.



Gambar 4.45 Hasil Produksi Gula Per Tahun

Bila dilihat secara visual gambar 4.45 menunjukkan data yang hampir sama. Artinya model yang dibuat sudah menghasilkan data yang menyerupai kondisi nyata saat ini. Dengan kata lain model dasar yang dibuat sudah dapat diterima.

4.8.6 Impor Gula

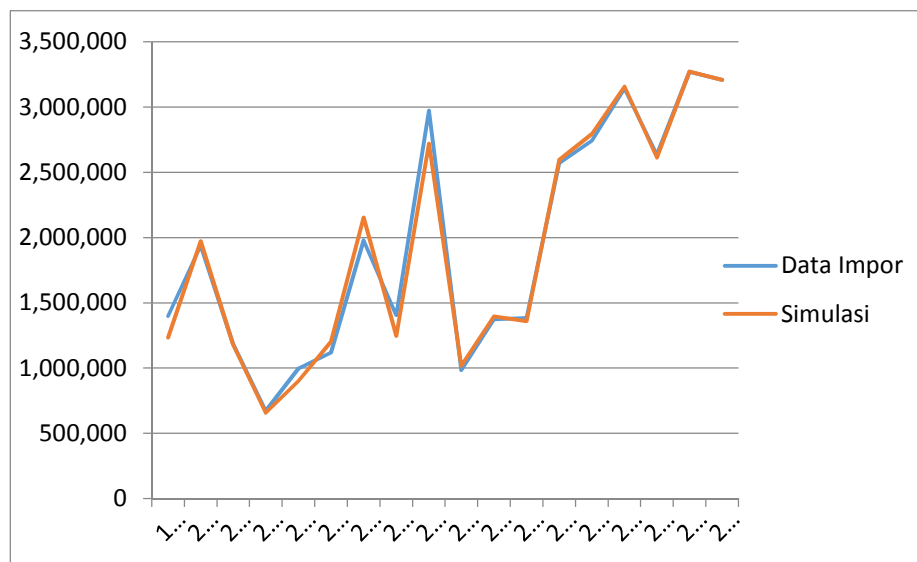
Kondisi nyata saat ini, Indonesia menjadi negara pengimpor gula. Pemicu dari impor gula adalah tingkat produksi gula yang masih rendah. Hal ini dikarenakan proses produksi di pabrik gula masih menggunakan mesin lama. Beberapa pabrik gula beralasan bahwa pendanaan adalah masalah utama dalam peremajaan mesin – mesin penggilingan tebu pada masa penjajahan Belanda. Untuk melihat data impor gula dan membandingkan data impor gula saat ini dan hasil simulasi yang telah dilakukan disajikan pada tabel 4.31

Tabel 4.31 Tabel Validasi Total Volume Impor Gula

Tahun	Impor Gula	Simulasi
1999	1,398,950	1,234,311
2000	1,938,519	1,971,483
2001	1,184,469	1,179,839
2002	670,926	657,299
2003	997,204	900,648
2004	1,119,790	1,201,259
2005	1,980,487	2,154,243
2006	1,405,942	1,245,387
2007	2,972,788	2,719,760
2008	983,944	1,018,006
2009	1,373,527	1,395,807

Tahun	Impor Gula	Simulasi
2010	1,382,525	1,358,265
2011	2,571,250	2,595,431
2012	2,743,778	2,795,068
2013	3,143,803	3,158,736
2014	2,633,843	2,613,249
2015	3,269,941	3,272,010
2016	3,209,106	3,209,067
Rata-rata	1,943,377	1926659.33
Standar Deviasi	884148.1926	889483.790
Confidence Level	454587.0538	457330.3646
E1		-0.86%
E2		-0.60%
E3		-0.60%

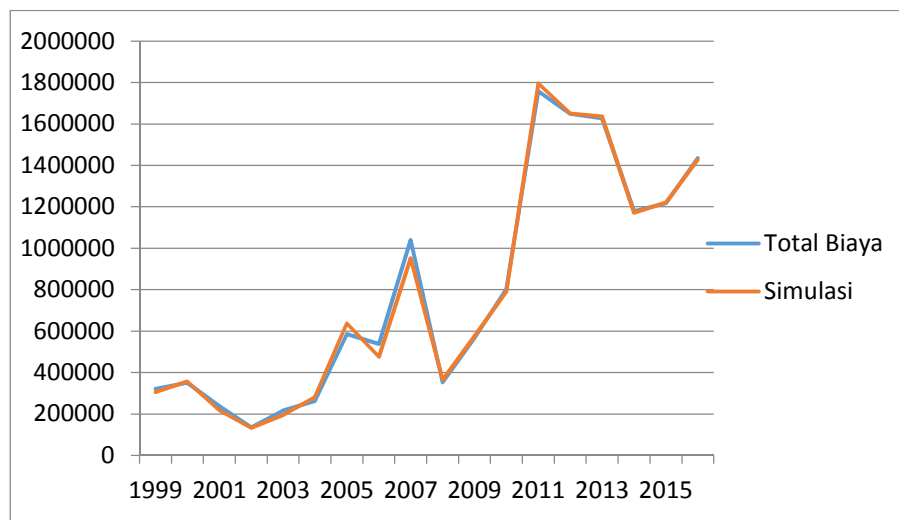
Berdasarkan tabel 4.29 dapat disimpulkan bahwa model simulasi dasar yang telah dibuat sudah sesuai dengan kondisi nyata saat ini. Ini dibuktikan dari nilai E1 sebesar 0.12% masih dibawah standar yang ditetapkan sebelumnya yaitu 5% dan E2 yang masih di bawah 30% dan memiliki nilai 14%. Akan tetapi memiliki selisih nilai confidence diatas 5% yaitu 14%. Untuk melihat secara visual dapat dilihat pada gambar 4.46. Gambar 4.46 adalah simulasi awal volume impor gula.



Gambar 4.46 Simulasi Total Volume Impor Gula

Bila dilihat secara visual gambar 4.46 menunjukkan data yang hampir sama. Artinya model yang dibuat sudah menghasilkan data yang menyerupai kondisi

nyata saat ini. Dengan kata lain model dasar yang dibuat sudah dapat diterima. Sedangkan besaran total biaya impor yang dikeluarkan ada pada gambar 4.47.



Gambar 4.47 Simulasi Total Biaya Impor Gula (dalam US Dolar)

Bila dilihat secara visual gambar 4.47 menunjukkan data total biaya impor gula dari tahun 1999 sampai dengan 2016 menunjukkan data yang hampir sama. Artinya model total biaya impor dan volume impor gula yang dibuat sudah menghasilkan data yang menyerupai kondisi nyata saat ini. Dengan kata lain model dasar yang dibuat sudah dapat diterima.

4.8.7 Penetapan Harga Gula

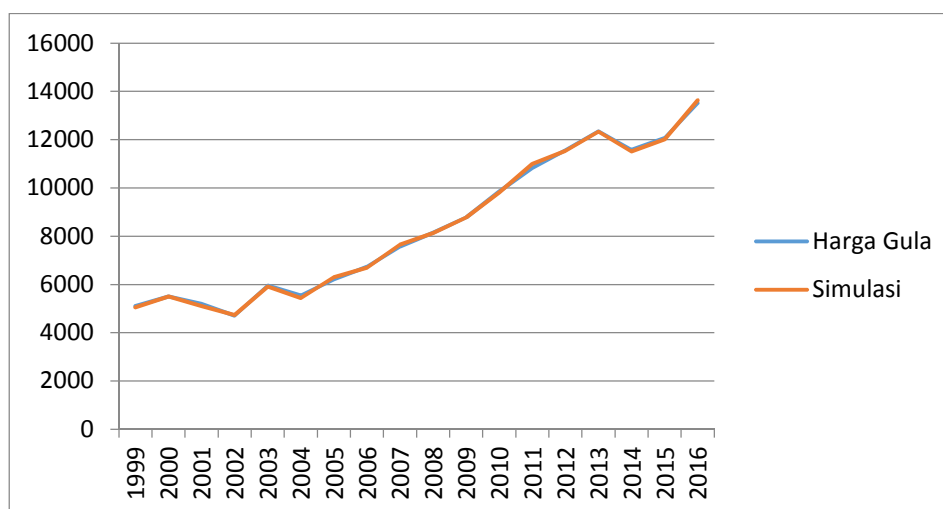
Perhitungan harga gula dalam negeri bergantung kepada peran pemerintah di dalam menjaga disparitas harga gula. Di dalam menetapkan harga gula ada beberapa faktor yang dijadikan acuan. Faktor yang mempengaruhi harga gula adalah angka inflasi, tingkat harga satuan atau harga pokok produksi, faktor permintaan, harga gul impor dan nilai tukar rupiah. Untuk mengetahui hasil simulasi digambarkan pada gambar 4.32.

Tabel 4.32 Tabel Hasil Perhitungan Harga Gula

Tahun	Harga Gula	Simulasi
1999	5103	5046.359375
2000	5507	5501.84082
2001	5197	5111.117188
2002	4710	4733.793945
2003	5957	5914.851563
2004	5549	5442.321289

Tahun	Harga Gula	Simulasi
2005	6212	6302.359375
2006	6741	6700.089844
2007	7568	7652.090332
2008	8137	8132.126465
2009	8773	8772.416016
2010	9856	9814.035156
2011	10819	10998.33105
2012	11561	11544.01953
2013	12341	12330.9043
2014	11583	11515.22656
2015	12071	12015.1875
2016	13517	13633.90039
Rata-rata	8400.111111	8397.83
Standar Deviasi	2959.907409	2981.739
Confidence Level	1521.843962	1533.06858
E1		-0.03%
E2		2%
Selisih Confidence Level		0.01878266

Pada tabel 4.32 dapat dilihat jika angka yang ditunjukkan oleh nilai amplitude(E2) dan error variance (E1) memiliki nilai yang lebih kecil dari standar yang sudah ditetapkan E1 memiliki nilai 0.70% di bawah standar 5% dan E2 memiliki nilai 2% masih jauh dibawah standar 30%. Hal ini membukrikan model dasar yang dibuat sudah valid dan dapat diandalkan. Ditambah lagi nilai selisih confidence level yang di bawah 5%. Secara visual hasil validasi ditampilkan pada grafik gambar 4.48.



Gambar 4.48 Simulasi Perhitungan Harga Gula

Dari grafik yang telah dibentuk dapat dilihat jika garis HET gula memiliki nilai yang tidak jauh dengan HET hasil simulasi. Ini berarti model dasar yang telah dibuat telah valid dan dapat mewakili kondisi nyata.

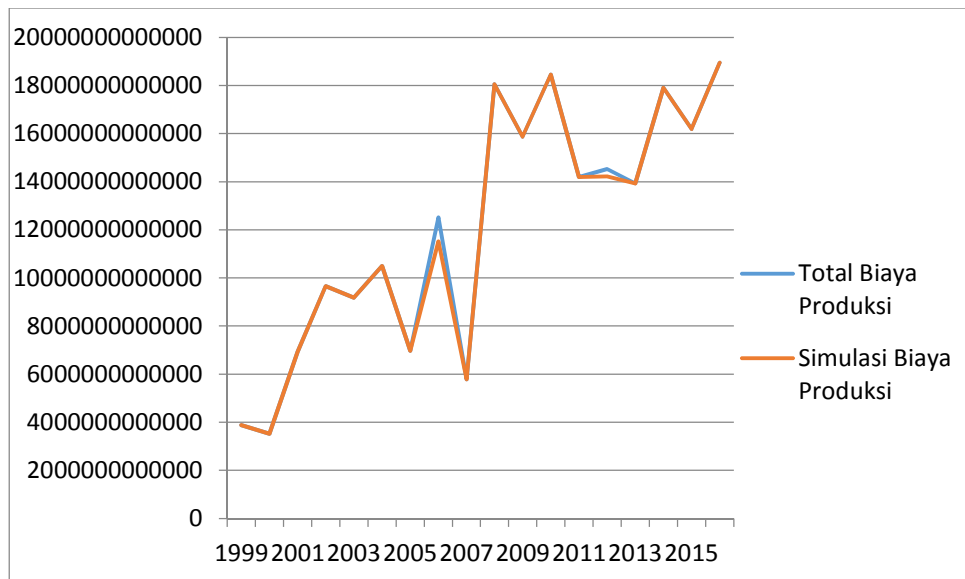
4.8.8 Biaya Produksi Gula

Untuk melihat kesesuaian data produksi gula pada kondisi saat ini dan membandingkan dengan hasil simulasi digunakan tabel 4.33. sedangkan untuk melihat hasil perbandingannya secara visual digunakan gambar 4.49.

Tabel 4.33. Simulasi Produksi Gula

Tahun	Produksi Gula	Simulasi
1999	Rp3,888,596,702,000.00	Rp3,888,586,162,176.00
2000	Rp3,528,540,832,000.00	Rp3,528,439,103,488.00
2001	Rp6,935,252,860,000.00	Rp6,935,252,828,160.00
2002	Rp9,658,104,904,000.00	Rp9,658,120,011,776.00
2003	Rp9,177,726,250,000.00	Rp9,177,756,860,416.00
2004	Rp10,493,807,460,000.00	Rp10,493,868,638,208.00
2005	Rp6,972,942,502,000.00	Rp6,972,984,262,656.00
2006	Rp12,512,627,779,000.00	Rp11,512,783,568,896.00
2007	Rp5,778,964,391,000.00	Rp5,778,978,111,488.00
2008	Rp18,053,084,070,000.00	Rp18,053,452,529,664.00
2009	Rp15,871,206,010,000.00	Rp15,871,495,897,088.00
2010	Rp18,452,821,560,000.00	Rp18,453,228,421,120.00
2011	Rp14,198,920,134,000.00	Rp14,199,051,780,096.00
2012	Rp14,520,347,586,000.00	Rp14,220,636,717,056.00
2013	Rp13,921,730,847,000.00	Rp13,921,967,669,248.00
2014	Rp17,901,423,397,000.00	Rp17,901,893,451,776.00
2015	Rp16,194,617,400,000.00	Rp16,194,931,261,440.00
2016	Rp18,938,911,612,000.00	Rp18,939,358,740,480.00
Rata-rata	1.20555E+13	11983488111957.30
Standar Deviasi	5.15538E+12	5147579902028.420
Confidence Level	2.65065E+12	2.64664E+12
E1		-0.60122%
E2		-0.2%
E3		-0.15162%

Nilai dari E1 menunjukkan angka 0.45% berarti masih dibawah standar 5% dan nilai E2 menunjukkan angka 6% juga masih dibawah standar 30%. Nilai E1 dan E2 menunjukkan bahwa model dasar yang telah dibuat mendekati keadaan nyata dan dapat diterima. Sedangkan angka kepercayaan masih diatas 6%. Nilai tersebut selanjutnya akan dimasukkan ke dalam grafik.



Gambar 4.49 Validasi Total Biaya Produksi Pabrik Gula

Bila dilihat secara visual gambar 4.49 menunjukkan data yang sama. Artinya model yang dibuat sudah menghasilkan data yang menyerupai kondisi nyata saat ini. Dengan kata lain model dasar yang dibuat sudah dapat diterima.

4.8.9 Bagi Hasil Petani Tebu

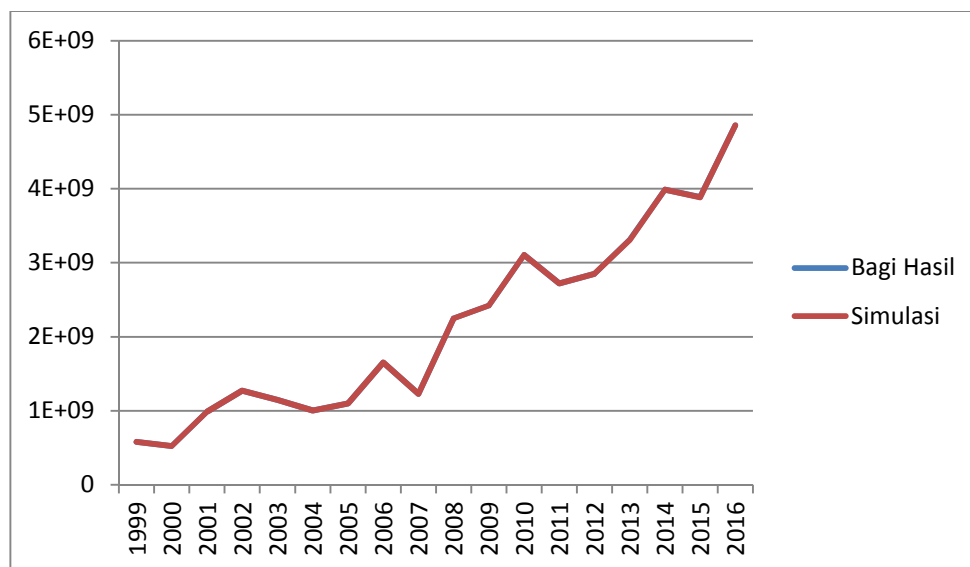
Bagi hasil produksi gula dijabarkan dalam bentuk tabel dan juga grafik. Untuk mengetahui seberapa besar bagi hasil yang didapat petani tebu ada pada tabel 4.34. sedangkan untuk mengetahui data tersebut secara visual digambarkan pada gambar 4.50.

Tabel 4.34 Validasi Data Bagi Hasil Petani

Tahun	Bagi Hasil	Simulasi
1999	578192976	578182976
2000	523394896	523384896
2001	984944656	984934656
2002	1271880608	1271780608
2003	1148193424	1148183424
2004	1002170528	1002070528
2005	1099274720	1098174720
2006	1653932152	1653921152
2007	1227449088	1227449088
2008	2248962368	2247962368
2009	2423369376	2423269376
2010	3106271740	3106160640
2011	2720424192	2720424192
2012	2851049888	2850949888

Tahun	Bagi Hasil	Simulasi
2013	3313793216	3302793216
2014	3989055664	3988945664
2015	3885974496	3884874496
2016	4856857520	4856747520
Rata-rata	2159456078	2160288417.11
Standar Deviasi	1297748895	1298378173.420
Confidence Level	667240912.4	667564457.5
E1		-0.04%
E2		0.0%
Selisih Confidence Level		-0.0004849

Berdasarkan tabel 4.32 dapat diketahui jika model dasar yang telah dibuat tidak jauh dengan kondisi nyata nilai E1 hanya 0.17%, sedangkan nilai E2 ialah 0.2%. hal ini membuktikan jika model dasar yang telah dibuat tidak melenceng dengan kondisi nyata. Untuk itu dapat dijabarkan pada gambar 4.50.



Gambar 4.50 Gambar Validasi data Bagi Hasil Gula

Secara visual data yang disajikan dalam gambar 4.50 sangat mendekati kenyataan. Hal ini semakin menguatkan jika data yang telah dibuat sudah mendekati kondisi nyata.

4.8.10 Kapasitas Produksi

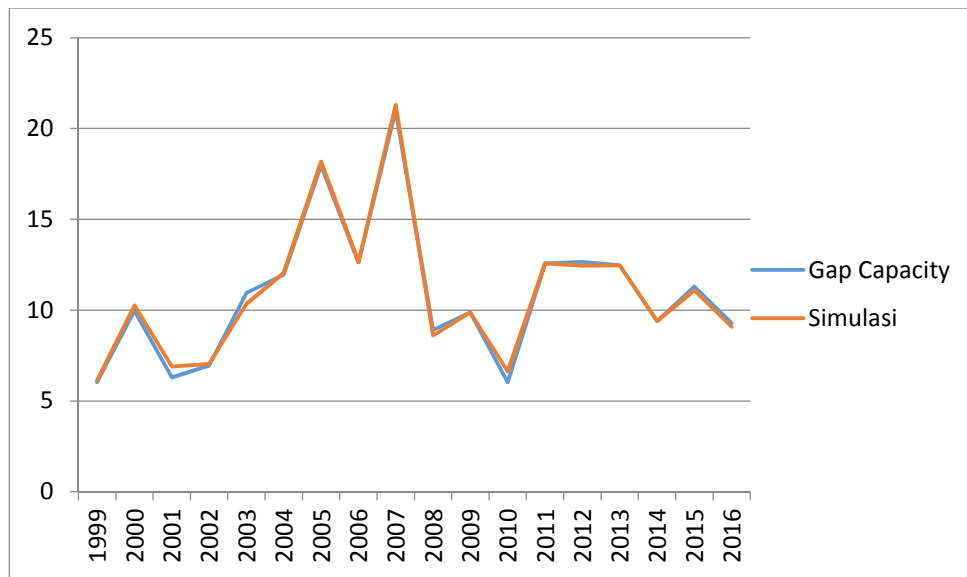
Faktor cuaca masih menjadi alasan utama rendahnya *inclusive capacity*. Selain itu jauhnya jarak lahan tebu yang dipanen dengan pabrik gula juga menjadi alasan yang mempengaruhi masih tingginya gap antara *inclusive capacity* dan *exclusive capacity*. Tabel 4.35 menunjukkan angka selisih hasil simulasi dan

selisih kapasitas produksi. Dan dari tabel hasil validasi kapasitas akan digambarkan secara visual pada gambar 4.51.

Tabel 4.35 Validasi Data Persentase Selisih Kapasitas Produksi

Time	Gap Kapasitas (Persen)	Simulasi
1999	6.030448341	6.130448
2000	9.959306908	10.25931
2001	6.29632988	6.89633
2002	6.942500973	7.042501
2003	11.95706615	10.35707
2004	11.94669857	12.0467
2005	17.9733017	18.1733
2006	12.64274883	12.64275
2007	20.99911423	21.29911
2008	8.907115746	8.607116
2009	9.870409966	9.87041
2010	6.024925137	6.624925
2011	12.56921768	12.56922
2012	12.65549583	12.4555
2013	12.46551132	12.46551
2014	9.396448135	9.396448
2015	11.99719658	11.0972
2016	9.287870598	9.087871
Rata-rata	2159456078	2160288417.11
Standar Deviasi	1297748895	1298378173.420
Confidence Level	667240912.4	667564457.5
E1		0.45%
E2		0.8098%
Selisih Confidence Level		0.008098

Berdasarkan tabel 4.35 dapat diketahui jika model dasar yang telah dibuat tidak jauh dengan kondisi nyata nilai E1 hanya 0.45%, sedangkan nilai E2 ialah 0.2%. hal ini membuktikan jika model dasar yang telah dibuat tidak melenceng dengan kondisi nyata. Untuk itu dapat dijabarkan pada gambar 4.51



Gambar 4.51 Gambar Validasi data Selisih Kapasitas

Secara visual data yang disajikan dalam gambar 4.51 sangat mendekati kenyataan. Hal ini semakin menguatkan jika data yang telah dibuat sudah mendekati kondisi nyata.

4.8.11 Laba Bersih (Net Income) dan Profitability

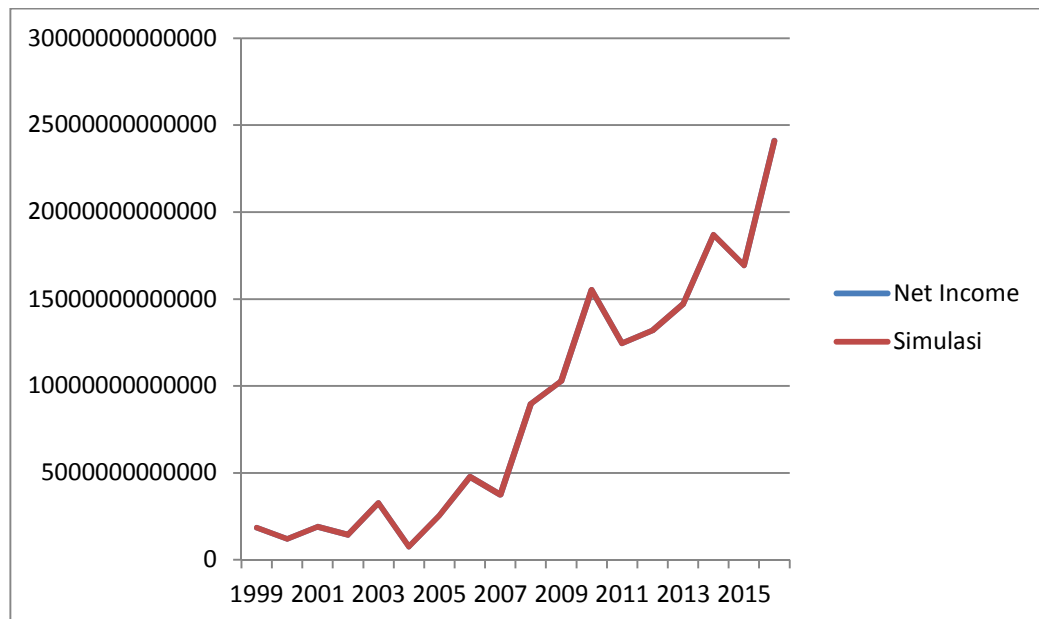
Angka keuntungan atau laba bersih dan profitabilitas untuk mendapatkan keuntungan pada pabrik gula masih tergolong rendah. Dari segi jumlah memang keuntungan pabrik gula memang besar akan tetapi jika dilihat lebih jauh rasio keuntungan pabrik gula masih tergolong rendah karena masih di kisaran 2%. Angka yang masih jauh dari harapan. Tabel 4.43 akan memperlihatkan data keuntungan yang diperoleh pabrik gula. Dan gambar 4.52 akan memperlihatkan perbandingan grafik keuntungan.

Tabel 4.36 Data Keuntungan

Tahun	Net Income	Simulasi
1999	1850001029616	1850001063936
2000	1204832569602	1204832567296
2001	1900495507773	1900495503360
2002	1438182871107	1438182014976
2003	3269210252859	3269210931200
2004	766764719725	766764711936
2005	2543739797781	2543739731968
2006	4773892357559	4773892325376
2007	3736253266101	3736253235200
2008	8963488604167	8963488743424

Tahun	Net Income	Simulasi
2009	10273654073975	10273654046720
2010	15524307651797	15524307140608
2011	12459048556710	12459048960000
2012	13187222950223	13187222077440
2013	14715359021686	14715359068160
2014	18691376803383	18691376807936
2015	16947026524375	16947026591744
2016	24096998048541	24085786525696
Rata-rata	8.68566E+12	8685035669276.44
Standar Deviasi	7.26361E+12	7262215710923.280
Confidence Level	3.73461E+12	3.73389E+12
E1		0.01%
E2		0.0193%
Selisih Confidence Level		0.000192633

Dari data 4.36 dapat diketahui nilai E1 sebesar 0.01% memiliki nilai yang masih di bawah rata – rata standar 5% dan nilai 0.0193% memiliki nilai yang dibawah standar yaitu 30% dan perhitungan tambahan nilai *confidence level* yang masih dibawah 5%. Hal ini membuktikan model dasar yang dibuat sudah valid.

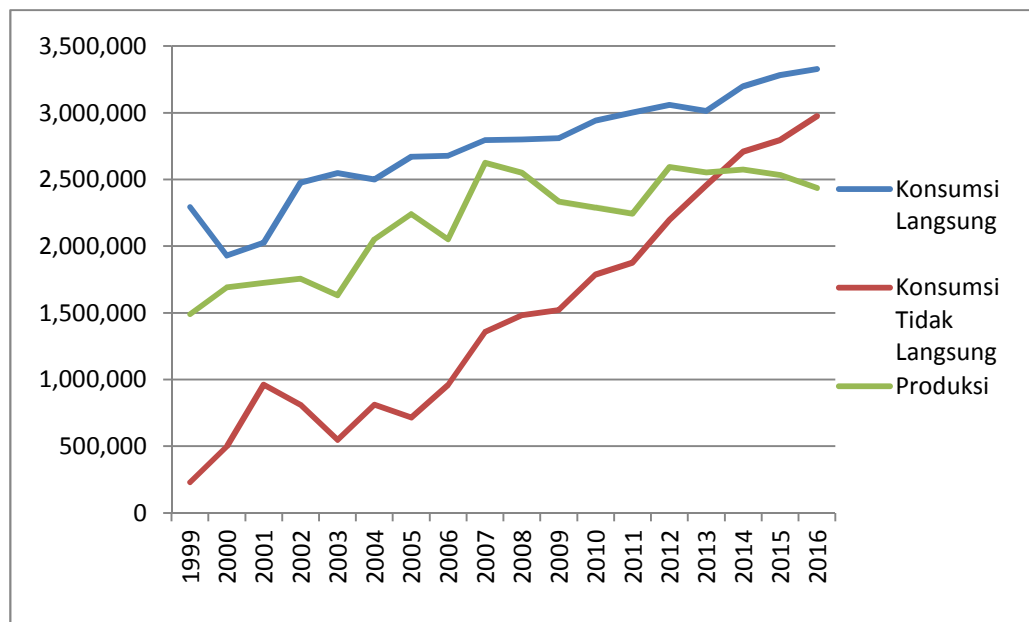


Gambar 4.52 Validasi Keuntungan pabrik gula

Dari gambar 4.52 dapat dilihat bahwa grafik kondisi nyata dan hasil simulasi memiliki nilai yang hampir mirip. Jadi, dapat disimpulkan jika model dasar yang telah dibuat sesuai dengan kondisi nyata saat ini.

4.9 Analisa Kinerja Pabrik Gula

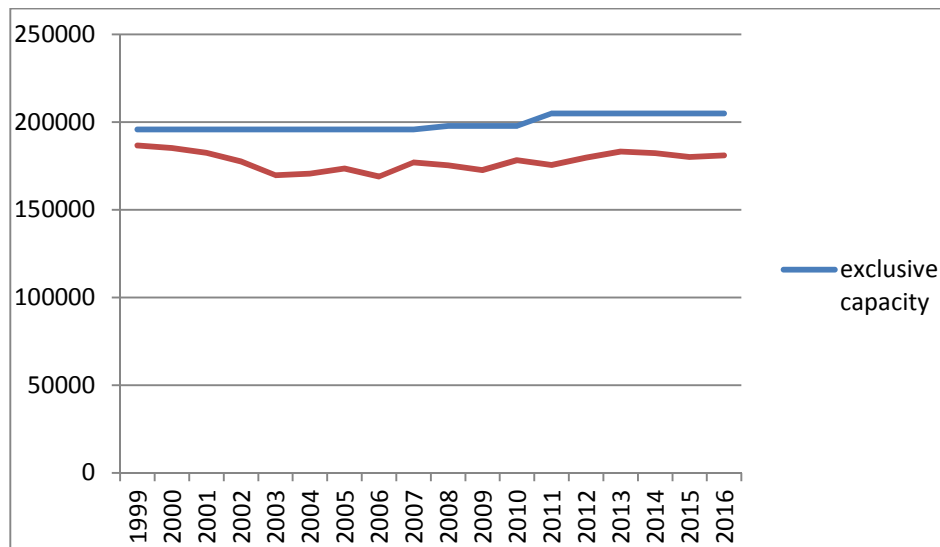
Berasarkan data yang diperoleh dari Badan Penelitian dan Pengembangan (Litbang) Direktoral Jendral Kementerian Pertanian dan Badan Pusat Statistik (BPS) menunjukkan tingkat produksi gula di Indonesia masih tergolong rendah. Banyak faktor yang menjadi pemicu rendahnya produksi gula di Indonesia, mulai tingkat rendemen yang rendah, tingkat konsumsi tidak langsung Indonesia yang terus naik, tingginya angka berhenti giling di pabrik gula yang masih tinggi. Jika dilihat dari tahun ke tahun angka produksi pabrik gula di Indonesia tidak pernah mencukupi kebutuhan dalam negeri konsumsi gula Indonesia.



Gambar 4.53 Perbandingan Produksi Gula dan Permintaan

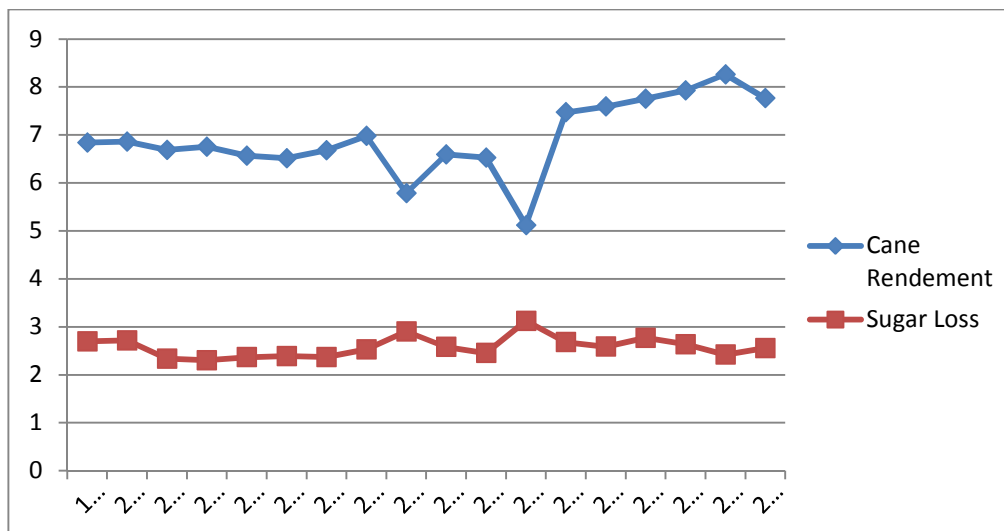
Jika dilihat dari gambar 4.53 produksi gula di Indonesia tidak pernah mencukupi konsumsi langsung gula nasional. Apabila ditambah lagi dengan permintaan konsumsi gula untuk industri jelas proporsi produksi gula masih sangat rendah. Dengan produksi yang rendah dan permintaan gula yang tinggi menyebabkan harga gula juga akan semakin naik, karena harga gula di Indonesia sangat bergantung pada *supply and demand*. Oleh sebab itu pabrik gula masih tetap mendapatkan profit meskipun presentase profit yang masih sangat rendah. Rendahnya produksi gula disebabkan masih tingginya jam berhenti giling di pabrik gula. Sehari saja tebu yang sudah dipanen ini tidak digiling maka akan menurunkan nilai sukrosa rendemen tebu. Turunnya nilai sukrosa ini adalah

besaran tebu yang menjadi gula yang tercecceer saat proses produksi dan biasa disebut *losses* gula.



Gambar 4.54 Grafik Exclusive Capacity, Inclusive Capacity dan Gap Capacity

Dilihat dari gambar 4.54 Pada tahun 2007 dan 2010 sudah ada peningkatan kapasitas giling akan tetapi jam berhenti giling yang tinggi menyebabkan inclusive capacity ini masih kurang dari standar 4% (Tabel 4.33 dan gambar 4.51) dari total seluruh kapasitas maksimal *Tone Cane Day*(TCD) di *exclusive capacity*.

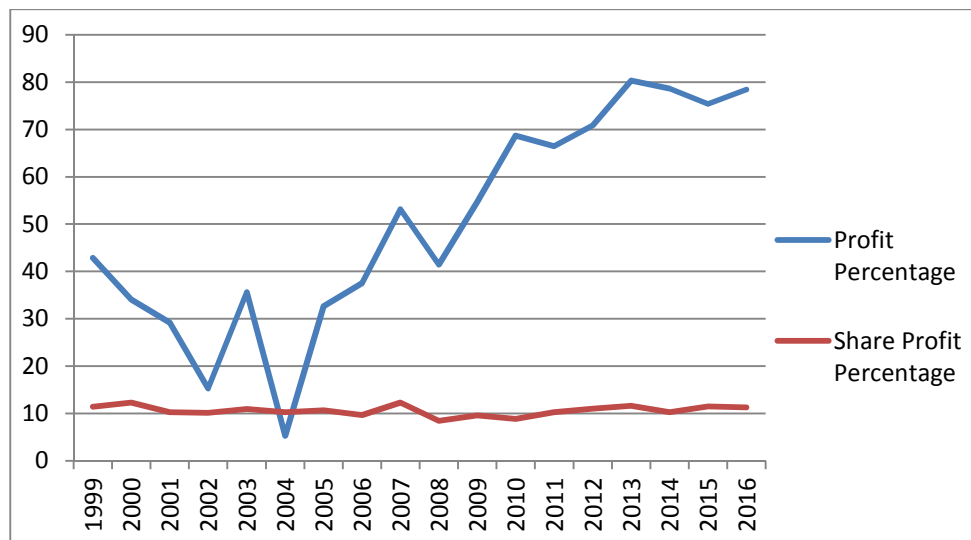


Gambar 4.55 Grafik Pertumbuhan Rendemen Gula dan *Losses* Gula

Dilihat dari gambar 4.55 dapat disimpulkan untuk menaikkan tingkat rendemen dan menurunkan losses gula salah satunya adalah dengan menaikkan kapasitas giling. Dilihat pada tahun 2007 tingkat rendemen menurun ke angka 5%. Jika

panen meningkat dan rendemen menurun maka angka produksi bisa saja tidak naik karena hanya 5% dari dari total seluruh panen tebu yang bisa dimanfaatkan menjadi gula.

Jam berhenti giling merupakan efek dari pabrik gula masih mengandalkan mesin dan peralatan yang sudah tua dan perlu direvitalisasi. Meskipun sesudah tahun 2010 sudah ditingkatkan dan diperbarui mesin giling tebu di pabrik gula kondisi yang terjadi saat ini berkurangnya pasokan tebu yang menjadi faktor utama berkurangnya kapasitas dan jam berhenti giling adalah kurangnya bahan baku utama produksi gula yaitu tebu. kekurangan produksi tebu lebih dikarenakan kurangnya bagi hasil yang diperoleh petani tebu.

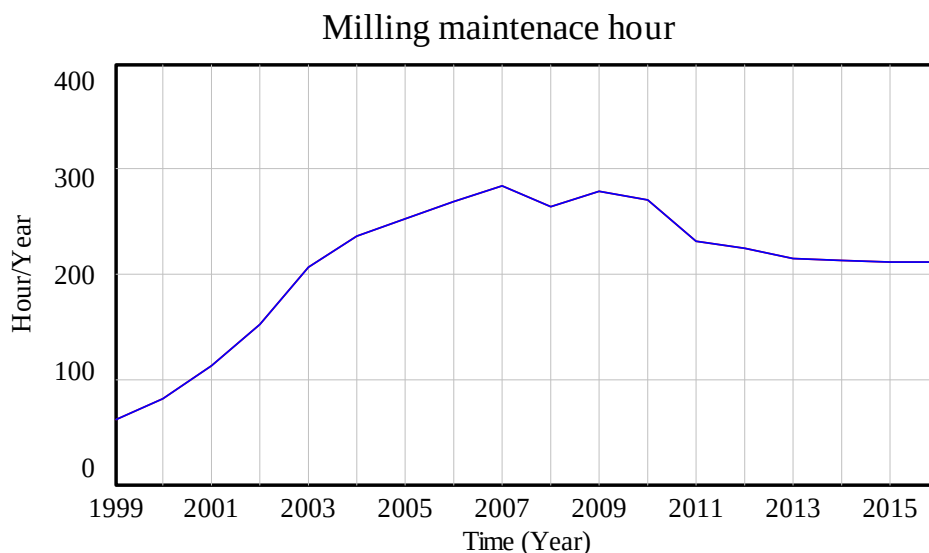


Gambar 4.56 Grafik Presentase Bagi Hasil

Dari Hasil grafik 4.56 dapat diketahui memang bagi hasil yang diperoleh petani sangat tinggi mencapai rata – rata 70% tetapi bagi hasil pendapatan dengan petani tebu masih sangat rendah mencapai rata-rata 10%, hal ini yang membuat bahan baku menjadi sulit dan juga banyak petani yang beralih dari petani tebu menjadi petani dengan komoditas lain.

Selain tidak berimbangny pendapatan pabrik gula dan petani tebu, pengukuran dan letak area pembongkaran tebu (*loading station*) kapasitas yang tepat. Ketidak sesuaian lokasi dan kapasitas akan membuat investasi yang lebih tinggi dan kualitas tebu akan menurun (Khamjan et al., 2013). Sejak tahun 1999 pabrik gula selalu mengalami penurunan kapasitas dan selalu terjadi penumpukan. Pucaknya pada tahun 2010 dimana angka jam berhenti giling mencapai 280 jam.

Tingginya jam berhenti giling juga berdampak pada tingkat rendemen gula yang ikut menurun. Disamping rendemen yang menurun, losses gula juga cenderung akan naik jika rendemen menurun. Hal ini yang mengakibatkan kualitas tebu pada saat berada di area emplacement akan menurun.



Gambar 4.57 Jam Berhenti Giling Pabrik Gula

Oleh sebab itu penambahan kapasitas giling dan perluasan area emplasmement bertujuan untuk menekan tingkat jam berhenti giling dan efek yang diharapkan tentunya menekan losses gula yang terus meningkat. Sehingga dampak yang diharapkan kualitas tebu saat berada di area empasement juga akan terjaga.

Tabel 4.37 Data Rendemen Gula, Jam Berhenti Giling dan Losses Gula

Tahun	Cane Rendement	Milling maintenace hour	Sugar Loss
1999	6.838100433	62	2.3035326
2000	6.860012054	81	2.336546898
2001	6.685963631	113	2.366146088
2002	6.754628181	153	2.37023735
2003	6.56697464	207	2.480144882
2004	6.511622429	236	2.528665543
2005	6.6782341	252	2.6356287
2006	6.975185394	269	2.695290565
2007	5.113903046	284	3.121529579

Tahun	Cane Rendement	Milling maintenace hour	Sugar Loss
2008	5.785017967	265	2.769348145
2009	6.591926575	279	2.901162148
2010	6.526370049	270	2.815339661
2011	7.471393585	231	2.679111481
2012	7.589335442	224	2.585808754
2013	7.755411148	215	2.556165695
2014	7.926969528	213	2.453420639
2015	8.26266098	211	2.417879105
2016	7.764163971	211	2.389939308

Standar untuk losses yang sudah ditentukan dalam RKAP pabrik gula adalah $<2\%$, untuk itu ketika losses gula lebih dari $2,9\%$ bahkan lebih dari 3% PT.Perkebunan Nusantara X dituntut untuk memperbaiki kinerja penggilingan gula melalui penentuan kapasitas giling.

4.9.1 Analisa Pertumbuhan Volume Bahan Baku Tebu dan Permintaan

Langkah selanjutnya dalam simulasi sistem dinamis adalah memperpanjang rentang waktu yang digunakan dalam simulasi, tujuan langkah ini adalah untuk memperkirakan tingkat konsumsi gula, kebutuhan produksi gula setiap hari, keuntungan dan profitabilitas pabrik gula. Dalam pengembangannya diasumsikan tidak ada penambahan kapasitas giling dan koefisien regresi yang digunakan untuk memperkirakan jumlah rendemen, losses gula, harga gula, dan permintaan, penambahan hanya akan dilakukan pada faktor – faktor yang mempengaruhi harga gula dan permintaan saja. Ada tiga jenis prediksi yang digunakan untuk memperkirakan faktor tersebut, yaitu most likely (rata-rata), optimis (rata-rata + standar deviasi) dan pesimis (rata-rata – standar deviasi).

Tabel 4.38 Variabel Analisa Tingkat Profitabilitas dan Produksi Gula

Variabel	rata-rata	Standar Deviasi
Angka Pertumbuhan Investasi Makanan dan Minuman	10103.61111	1768.46288

Variabel	rata-rata	Standar Deviasi
Product Domestic Bruto(PDB)	5434820.5	3758165.516
Harga Gula Impor	3821.941667	1731.036449
Konsumsi Perkapita (ons/minggu)	8.070555556	1.024703528
Pertumbuhan Penduduk Indonesia (Persen)	1.299444444	0.512473497
Harga Gula Import	3822.055556	1730.987629
Nilai Tukar Rupiah	10103.61111	1768.46288
Laju Inflasi	5.647777778	2.133380514
OR (%)	78.75316133	4.568849597
ME (%)	90.75380128	1.781108625
BHR (%)	85.71891059	4.414891111
Produksi Tebu	31997784762	6787032141

Hasil dari simulasi perkiraan variabel yang menentukan proses produksi dan profitabilitas pabrik gula ada pada gambar 4.53. Simulasi yang dilakukan memperlihatkan jika volume antrian di pabrik gula akan terus bertambah.

4.10 Pengembangan Skenario

Pada Subab ini akan dijelaskan pengembangan skenario yang bisa dikembangkan untuk mengoptimalkan sistem produksi gula. Skenario yang dilakukan bertujuan untuk mengurangi antrean yang terjadi di pabrik gula, sehingga dapat mengurangi *losses* gula dan menjaga nilai rendemen gula. Skenario juga dilakukan untuk memberikan nilai tambah pada residu gula. Tujuan

dari skenario ini adalah untuk meningkatkan stabilitas produksi dan mengoptimalkan keuntungan dengan mengukur kapasitas produksi yang mempertimbangkan pertumbuhan permintaan, perkembangan konsumsi gula, nilai investasi (Suryani et al., 2010) dan perhitungan kapasitas *closed-loop* (pengolahan kembali)(Georgiadis, 2013).

Dari evaluasi kondisi di atas perlu dilakukan beberapa skenario untuk meningkatkan produksi gula. Terdapat 2 macam skenario yang dilakukan yaitu skenario pesimis dan skenario optimis. Skenario pesimis adalah skenario dengan kondisi apa adanya seperti yang berkembang sekarang. Skenario optimis adalah skenario dengan intervensi maksimal, sehingga peningkatan dari persiapan ke mandiri dapat lebih cepat. Pengembangan skenario dilakukan dengan melakukan perubahan terhadap struktur dasar maupun dengan perubahan nilai parameter. Terdapat lima buah skenario yang dikembangkan antara lain :

- a. Skenario Pengurangan dan Restrukturisasi Karyawan kampanye: skenario ini merupakan cara untuk mengurangi pembiayaan pabrik gula. Besaran penghasilan karyawan kampanye adalah yang terbesar jika dibandingkan dengan komponen biaya produksi lain.
- b. Skenario peningkatan kapasitas emplacement dan kapasitas produksi: merupakan perluasan areal emplacement. Skenario ini dilaksanakan untuk menambah boiling recovery dan overall recovery sehingga dapat menekan resiko kehilangan sukrosa(losses gula).(Khamjan et al., 2013). Sedangkan peningkatan dan pengukuran kapasitas produksi bertujuan untuk mengurangi jam berhenti giling dan menambah hasil produksi gula dengan tetap memperhitungkan jumlah permintaan (Suryani et al., 2010). Standar yang ditetapkan PT.Perkebunan Nusantara 10% dari total perhitungan kapasitas produksi adalah presentase terendah bahan baku sisa produksi.
- c. Skenario closed-loop remanufacturing : skenario pengolahan limbah tetes dan limbah ampas tebu. dimana limbah tetes yang dapat dihasilkan untuk tiap ton tebu ialah 88 Liter dan ampas tebu yang dihasilkan dapat mengurangi penggunaan listrik harian dari 15Kwh/ ton menjadi 10Kwh/ton bahkan dapat mengurangi penggunaan air sebesar 70% (Dias et al., 2015).

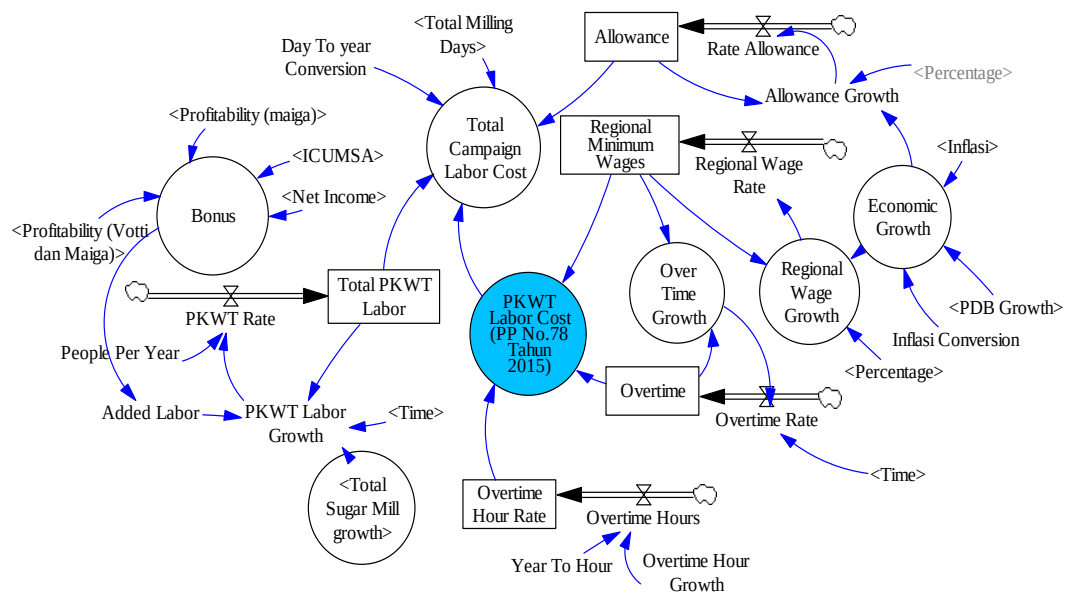
- e. Skenario Penambahan Share Profit : skenario ini dilakukan untuk meningkatkan pendapatan petani dengan cara memberikan upah bagi hasil yang sesuai dengan pengeluaran petani tebu dengan memperhatikan pendapatan dan tingkat rendemen tebu. Dengan adanya skenario ini diharapkan pendapatan petani bisa meningkat dan dapat meningkatkan lahan dan jumlah tebu.

4.10.1 Skenario 1: Restrukturisasi Penggajian Karyawan Kampanye

Berdasarkan Keputusan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi No.100/MEN/IV/2004 tentang Pelaksanaan Perjanjian Kerja Waktu Tertentu, Perjanjian Kerja Waktu Tertentu (PKWT) adalah perjanjian kerja antara pekerja dengan pengusaha untuk mengadakan hubungan kerja dalam waktu tertentu atau untuk pekerja tertentu. Pemerintah menghapus istilah karyawan kampanye dalam dunia kerja yang tertuang dalam UU Nomor 13 Tahun 2013. Setelah dikeluarkannya UU Nomor 13 Tahun 2013 maka seluruh BUMN termasuk PT. Perkebunan Nusantara X harus mengubah sistem pengupahan untuk karyawan kampanye yang dimilikinya. Selain itu untuk mengurangi beban perusahaan untuk penggajian karyawan karena gaji karyawan kampanye hampir sama dengan gaji karyawan tetap. Selain itu salah satu cara untuk meningkatkan performa karyawan ialah dengan menyesuaikan pendapatan dengan kinerja (Scotti and Volta, 2017). Scenario yang dibuat adalah dengan menghitung jumlah karyawan yang dibutuhkan pada pabrik gula. Sistem pengupahan yang dilakukan adalah menyesuaikan standar Upah Minimum Regional (UMR) dari tiap propinsi yang berdasarkan Peraturan Pemerintah (PP) Nomor 78 Tahun 2015 rumus perhitungan UMR ada pada rumus 4.7.

$$UM_n = UM_t + \{ UM_t \times (Inflasi_t + \% \Delta PDB_t) \} \dots\dots\dots (4.7)$$

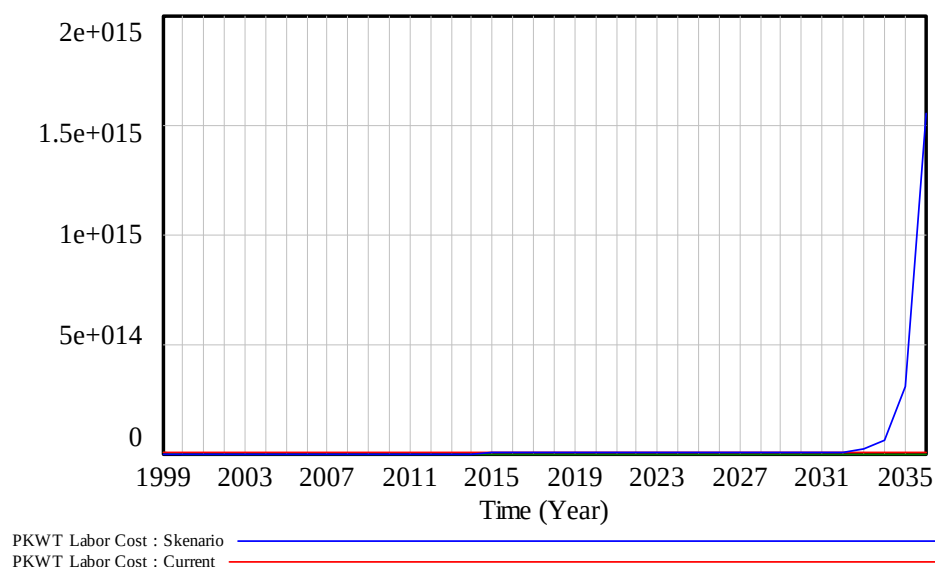
Perhitungan menurut rumus 4.7 tentang pengupahan tersebut masih ditambah lagi dengan tunjangan yang disesuaikan dengan produktifitas pegawai tersebut. Dari rumusan tersebut dibuat scenario perhitungan upah karyawan Perjanjian Kerja dengan Waktu Tertentu (PKWT) pada model gambar 4.58.



Gambar 4.58 Skenario Perhitungan Pekerja PKWT

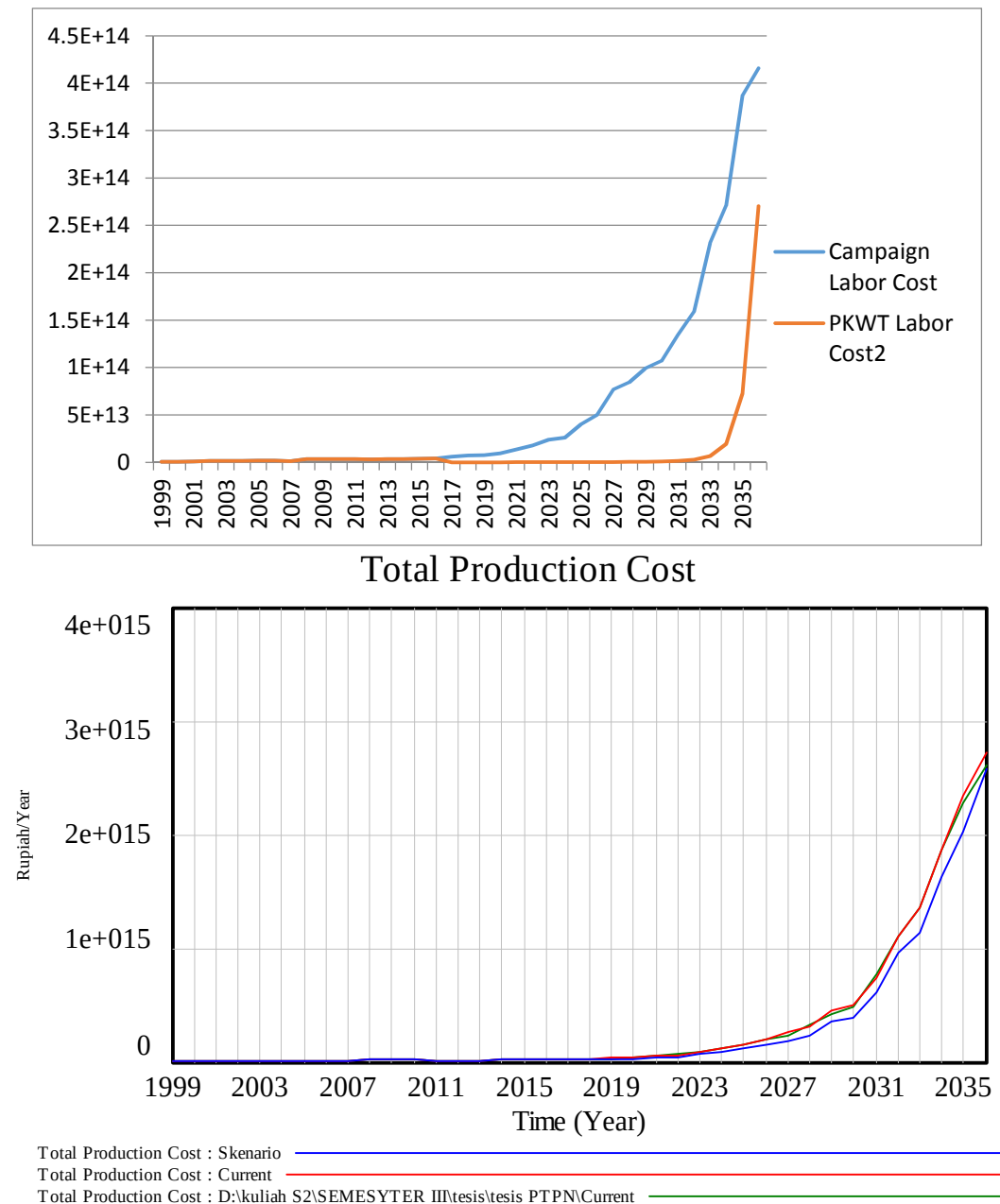
Karyawan kampanye yang sebelumnya ada pada setiap divisi di PT. Perkebunan Nusantara X berdasarkan PP No.78 tahun 2015 harus dihilangkan dan hanya diperbolehkan untuk mengisi pos satpam, petugas cleaning service dan tidak diperbolehkan untuk mengisi divisi pengolahan. Atas keputusan ini PT. Perkebunan Nusantara X mengurangi karyawan kampanye pada divisi pengolahan dan mengangkat menjadi karyawan tetap dan perjanjian kerja waktu tertentu sejumlah 10 orang per tahun dan penghilangan premi lembur karyawan (sumber : PT.Perkebunan Nusantara X).

PKWT Labor Cost



Gambar 4.59 Hasil Skenario Perhitungan Pekerja PKWT

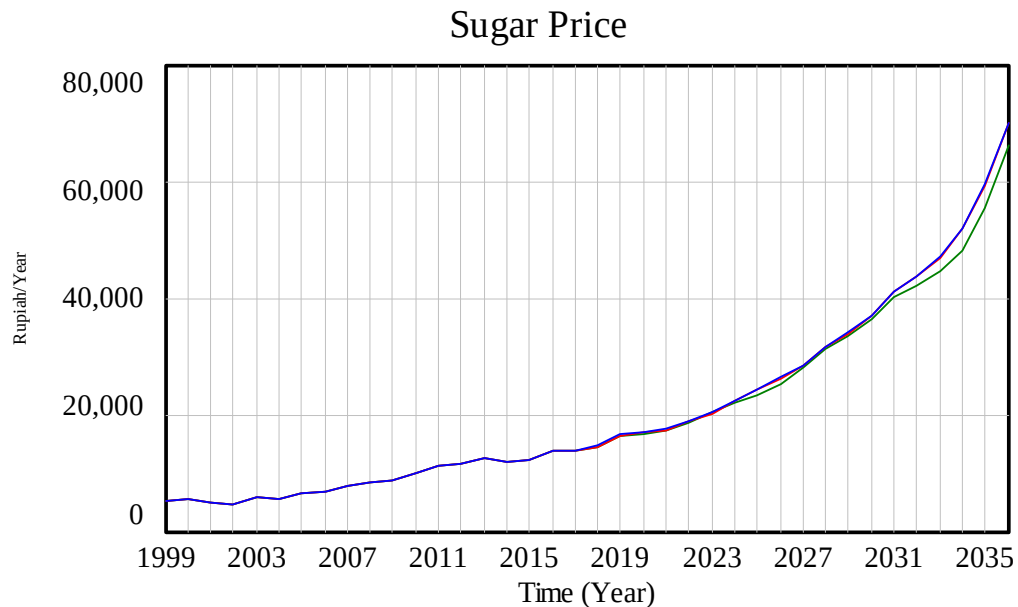
Dari hasil perhitungan pekerja PKWT hasil skenario akan dibandingkan dengan sistem penggajian karyawan kampanye yang lama yang digambarkan dengan grafik pada gambar 4.60.



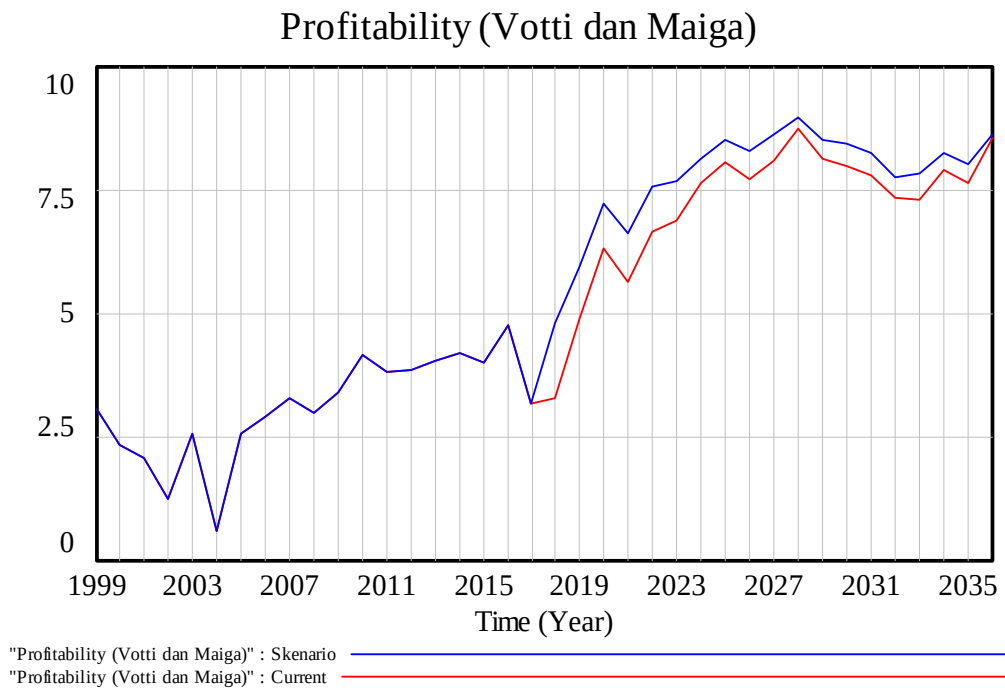
Gambar 4.60 Hasil Skenario Perhitungan Pekerja PKWT

Secara tampilan visual dapat disimpulkan perhitungan PKWT dapat menghemat pengeluaran gaji karyawan tetapi tetap sesuai dengan peraturan pemerintah dan sesuai dengan standar hidup masyarakat karena memperhitungkan inflasi dan pertumbuhan ekonomi masyarakat. Penghematan pengeluaran gaji karyawan

kampanye secara tidak langsung juga mempengaruhi harga gula dan perhitungan profitabilitas pabrik gula. Karena perhitungan harga gula juga memperhitungkan harga pokok penjualan. (gambar 4.61).



Gambar 4.61 Hasil Skenario Perhitungan Pekerja PKWT terhadap harga gula
Dapat dilihat dari gambar 4.61. harga gula hasil scenario mengalami penurunan
akan tetapi secara umum profitabilitas pabrik gula naik.



Gambar 4.62 Hasil Skenario Perhitungan Pekerja PKWT terhadap Profitabilitas

Kesimpulan hasil skenario perhitungan karyawan PKWT secara lengkap dan perbandingan data hasil scenario dan sistem saat ini ada pada tabel 4.39.

Tabel 4.39 Perbandingan pengeluaran gaji karyawan sebelum dan setelah skenario

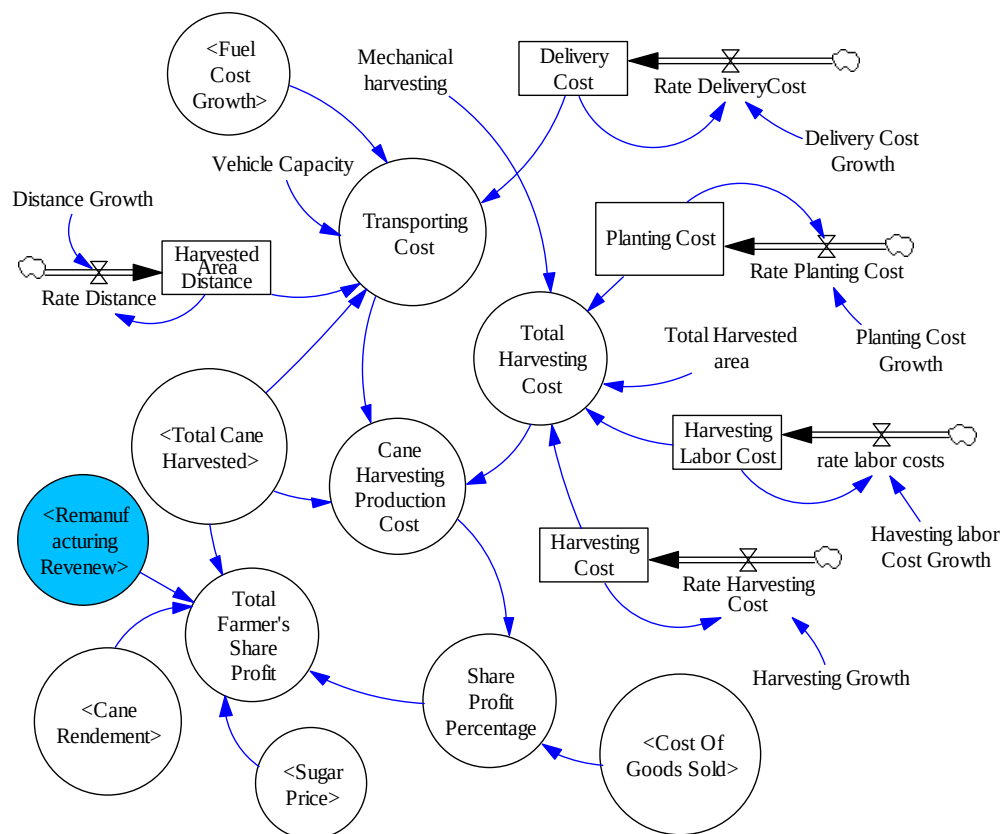
Kondisi	Profitabilitas	Harga Gula	Biaya Produksi
Sebelum skenario restrukturisasi gaji karyawan kampanye	Profitabilitas pabrik gula di tahun 2017 sebesar 3.15113 persen dan 7.6406 persen di tahun 2036	Harga gula pada 2017 sebesar 13.811 dan pada tahun 2036 sebesar 69.989 pada tahun 2036	Biaya produksi pada 2017 sebesar 22.254.549.204.992 dan pada tahun 2036 sebesar 2.724.115.488.178.180 pada tahun 2036
Setelah skenario restrukturisasi gaji karyawan musiman	Profitabilitas pabrik gula di tahun 2017 sebesar 3.15113 persen dan 8.0061 persen di tahun 2036	Harga gula pada 2017 sebesar 13.811 dan pada tahun 2036 sebesar 70.070 tahun 2036	Biaya produksi pada 2017 sebesar 22.254.549.204.992 dan pada tahun 2036 sebesar 2.578.630.181.912.580 pada tahun 2036

Sumber : Hasil simulasi

Dari tabel 4.39 dapat disimpulkan dengan menghilangkan karyawan kampanye dan merestrukturisasi besaran gaji karyawan kampanye dapat menghemat biaya produksi sebesar 200 triliun dan dapat meningkatkan profitabilitas sebesar 0.3 persen dari total keuntungan pabrik gula.

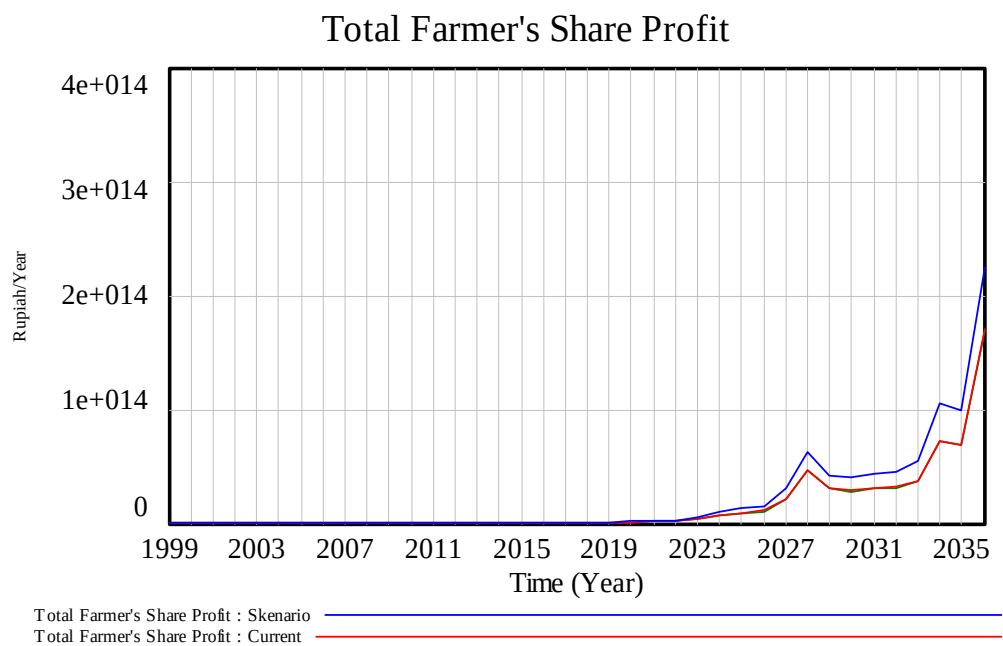
4.10.2 Skenario 2: Penambahan Share Profit untuk Petani

Penambahan proporsi bagi hasil petani merupakan pengurangan keuntungan yang besarnya diambil dari persentase bagi hasil dikalikan dengan penambahan pendapatan dari pengolahan kembali sisa pengolahan tebu baik dari limbah tetes yang sudah dijadikan ethanol dan juga ampas tebu yang dijual untuk bahan paper board. Besaran persentase yang digunakan sama dengan besaran persentase bagi hasil produksi gula (rumus 4.6). Model yang telah dibuat untuk penambahan variabel ini digambarkan pada gambar 4.62. Penambahan ini dilakukan untuk menambah penghasilan petani tebu yang bertujuan untuk merangsang pertumbuhan produksi tanaman tebu dan perluasan lahan.



Gambar 4.63 Skenario Penambahan Bagi Hasil Petani Tebu

Hasil dari scenario penambahan bagi hasil secara visual digambarkan pada gambar 4.63.



Gambar 4.64 Skenario Penambahan Bagi Hasil Petani Tebu

Dilihat pada gambar 4.64 terdapat rata-rata kenaikan 6% total profitability pabrik gula. Sementara persentase total keuntungan terhadap biaya produksi meningkat sebesar 8% jika dibandingkan antara sebelum scenario dan setelah dilakukan scenario. Kesimpulan hasil skenario pengolahan kembali akan dijelaskan pada tabel 4.40.

Tabel 4.40 Perbandingan bagi hasil, pendapatan dan biaya produksi sebelum dan setelah pengolahan kembali (remanufacturing)

Kondisi	Bagi Hasil	Pendapatan Bersih
Sebelum skenario pengolahan kembali (remanufacturing)	Total profit pada 2017 sebesar 359.642.234.880 dan pada tahun 2036 sebesar 167.916.729.270.272 pada tahun 2036	Total profit pada 2017 sebesar 10.410.840.293.376 dan pada tahun 2036 sebesar 13.756.991.776.227.300 pada tahun 2036
Setelah skenario pengolahan kembali (remanufacturing)	Total profit pada 2017 sebesar 516.467.916.800 dan pada tahun 2036 sebesar 235.135.668.584.448 pada tahun 2036	Biaya produksi pada 2017 sebesar 22.254.549.204.992 dan pada tahun 2036 sebesar 13.689.781.980.495.900 pada tahun 2036

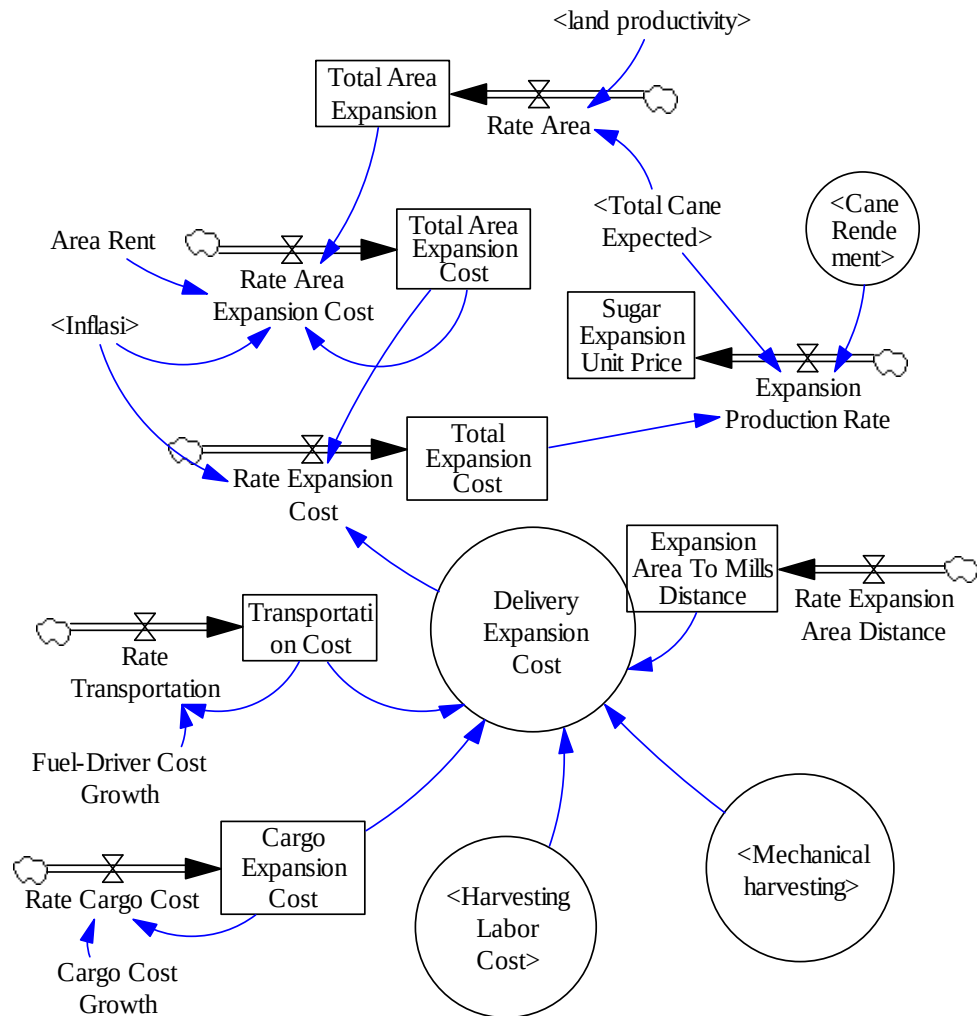
Sumber : Hasil simulasi

Dari tabel 4.40 dapat disimpulkan bahwa dengan memanfaatkan limbah hasil perasan tebu dapat menambah bagi hasil dengan petani sebesar sebesar 40.03% dari 167.916.729.270.272 menjadi 235.135.668.584.448 setelah dilakukan scenario pemanfaatan hasil limbah.

4.10.3 Skenario 3: Peningkatan Kapasitas Produksi

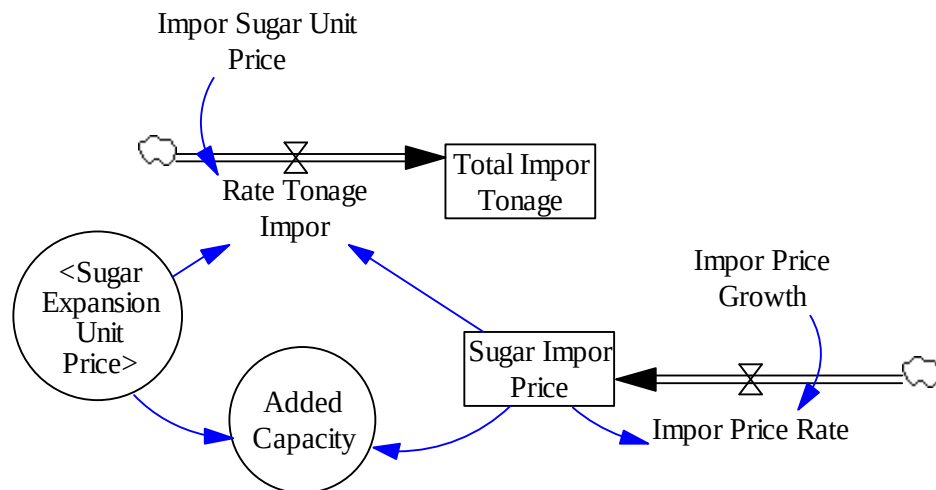
Berdasarkan tabel 4.29 dapat dilihat bahwa jarak antara kapasitas yang tidak memperhitungkan jam berhenti giling dengan kapasitas yang memperhitungkan jam berhenti giling tergolong sangat tinggi mencapai 11 %. Untuk itu solusi yang diberikan adalah dengan memperluas kapasitas produksi. Sebelum meningkatkan kapasitas produksi harus dipastikan terlebih dahulu supply bahan baku tebu hasil panen petani mencukupi untuk kapasitas penggilingan dan pemenuhan permintaan gula yang ada pada gambar 4.65.

Selain dengan intensifikasi, skenario lain yang digunakan adalah dengan mengalokasikan bagi hasil petani untuk ekspansi lahan milik negara, swasta, maupun perkebunan rakyat. Sub model skenario ini ada pada gambar 4.66.



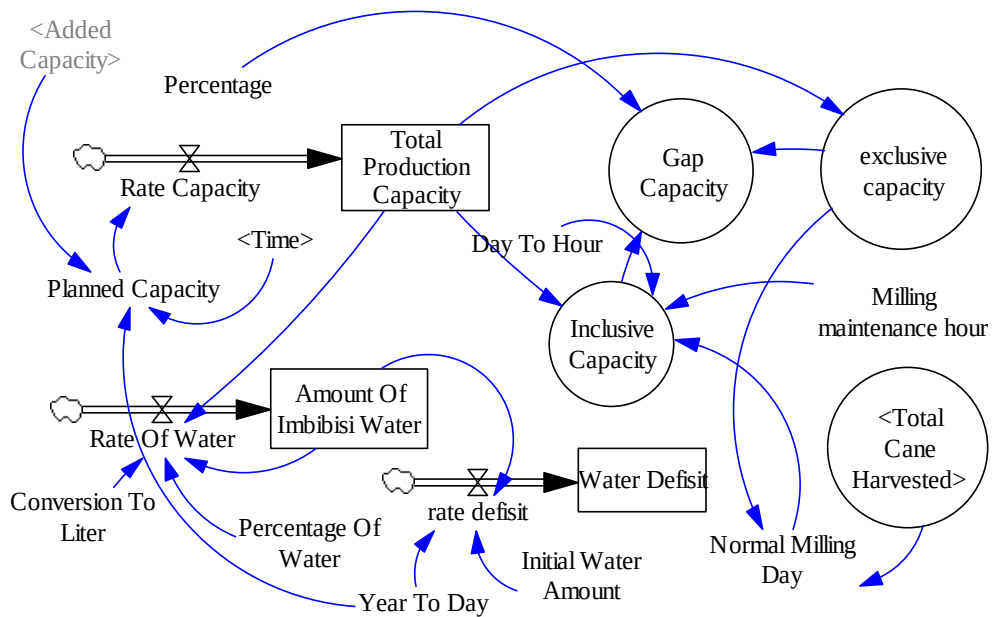
Gambar 4.67 Skenario Perluasan Lahan

Dari hasil intensifikasi dan perluasan lahan akan dihitung harga satuan dari gulah yang dihasilkan. Hasil dari harga satuan tersebut akan dibandingkan dengan harga satuan impor tetes tebu. Submodel yang terbentuk ada pada gambar 4.67. Skenario yang terbentuk tetap memperhitungkan harga satuan gula hasil ekspansi lahan dan penambahan lahan petani akan dibandingkan dengan harga gula impor jika harga satuan gula lebih mahal maka akan lebih baik jika PT.Perkebunan Nusantara X melalui pemerintah mengimpor tetes gula dari luar negeri. Model skenario yang dibentuk ada pada gambar 4.68.



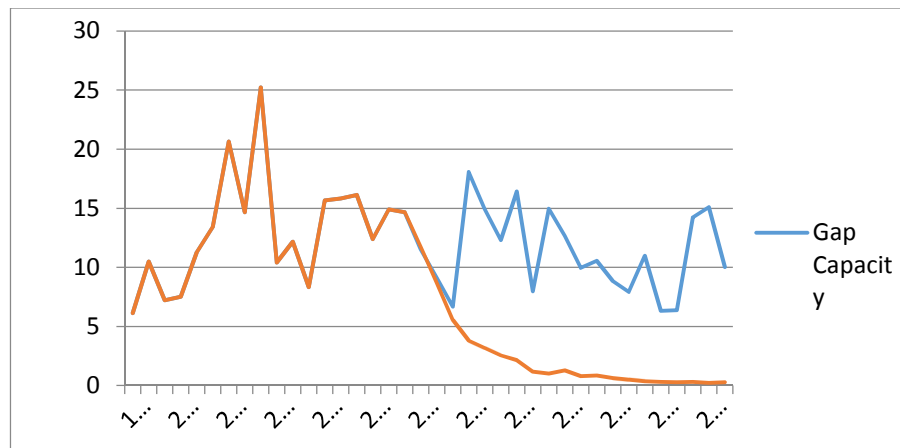
Gambar 4.68 Skenario Penambahan Kapasitas dan Impor Gula

Penambahan kapasitas akan merubah pula kebutuhan air. Sub model skenario yang terbentuk hasil penambahan kapasitas ada pada gambar 4.69.

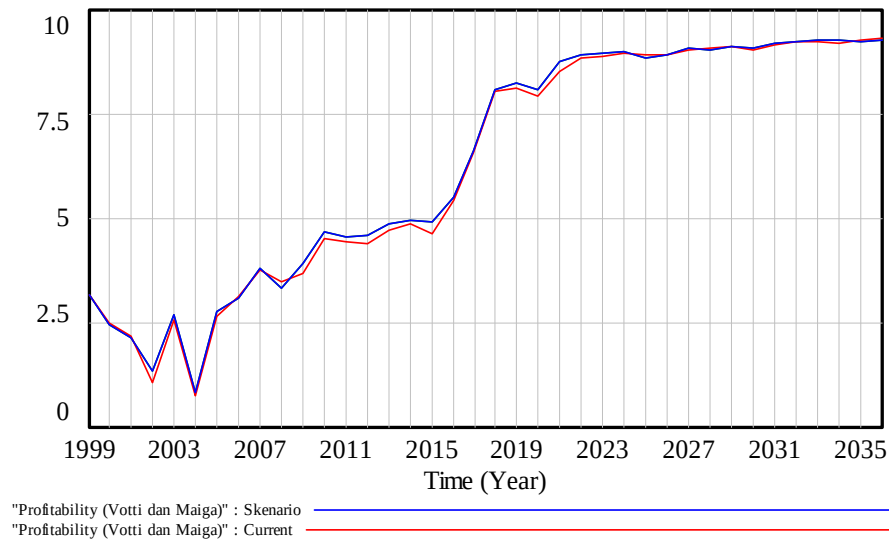


Gambar 4.69 Skenario Perhitungan Kapasitas Produksi dan Emplacement

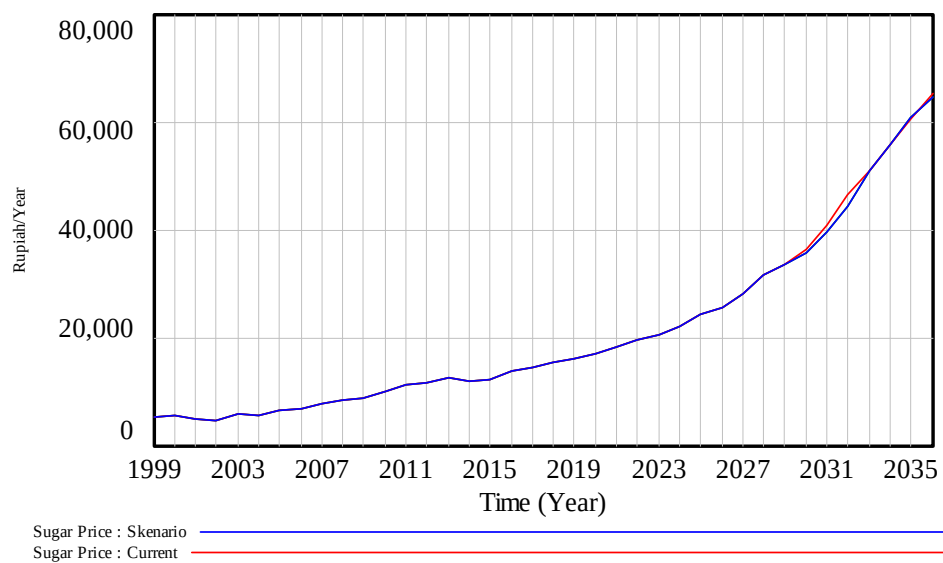
Untuk menurunkan losses gula diperlukan penambahan kapasitas produksi dan kapasitas emplacement. Hasil dari skenario peningkatan kapasitas produksi secara grafik ditunjukkan pada gambar 4.69. dan kesimpulan dapat dilihat pada tabel 4.41.



Profitability (Votti dan Maiga)



Sugar Price



Gambar 4.70 Hasil skenario Perhitungan Kapasitas Produksi dan Emplaseмент terhadap gap kapasitas, harga gula dan profitabilitas pabrik gula

Jika dilihat dari gambar 4.70 pengukuran dan penambahan kapasitas mampu meningkatkan pengolahan gula karena gap kapasitas kurang dari 4%. Dampaknya akan menurunkan harga gula akan tetapi profit yang dihasilkan juga akan semakin meningkat.

Tabel 4.41 Perbandingan kapasitas, harga gula, profitabilitas sebelum dan setelah skenario

Kondisi	Profitabilitas	Harga Gula	Selisih Kapasitas
Sebelum skenario pengolahan kembali (remanufacturing)	Profitabilitas pabrik gula di tahun 2017 sebesar 3.15113 persen dan 7.6406 persen di tahun 2036	Harga Gula pada 2017 sebesar 14.366 dan pada tahun 2036 sebesar 65.140 pada tahun 2036	Biaya produksi pada 2017 sebesar 11.54 persen dan pada tahun 2036 sebesar 10.02 persen pada tahun 2036
Setelah skenario pengolahan kembali (remanufacturing)	Profitabilitas pabrik gula di tahun 2017 sebesar 6.55 persen dan 9.24 persen di tahun 2036	Harga Gula pada 2017 sebesar 14.366 dan pada tahun 2036 sebesar 64.744 tahun 2036	Biaya produksi pada 2017 sebesar 11.52 persen dan pada tahun 2036 sebesar 0.29 persen pada tahun 2036

Sumber : Hasil simulasi

Dari tabel 4.41 dapat disimpulkan dengan meningkatkan kapasitas produksi dapat mengurangi harga jual gula 396 rupiah dapat mengurangi selisih kapasitas sampai 9% serta dapat meningkatkan profitabilitas sebesar 1.6 persen dari total keuntungan pabrik gula.

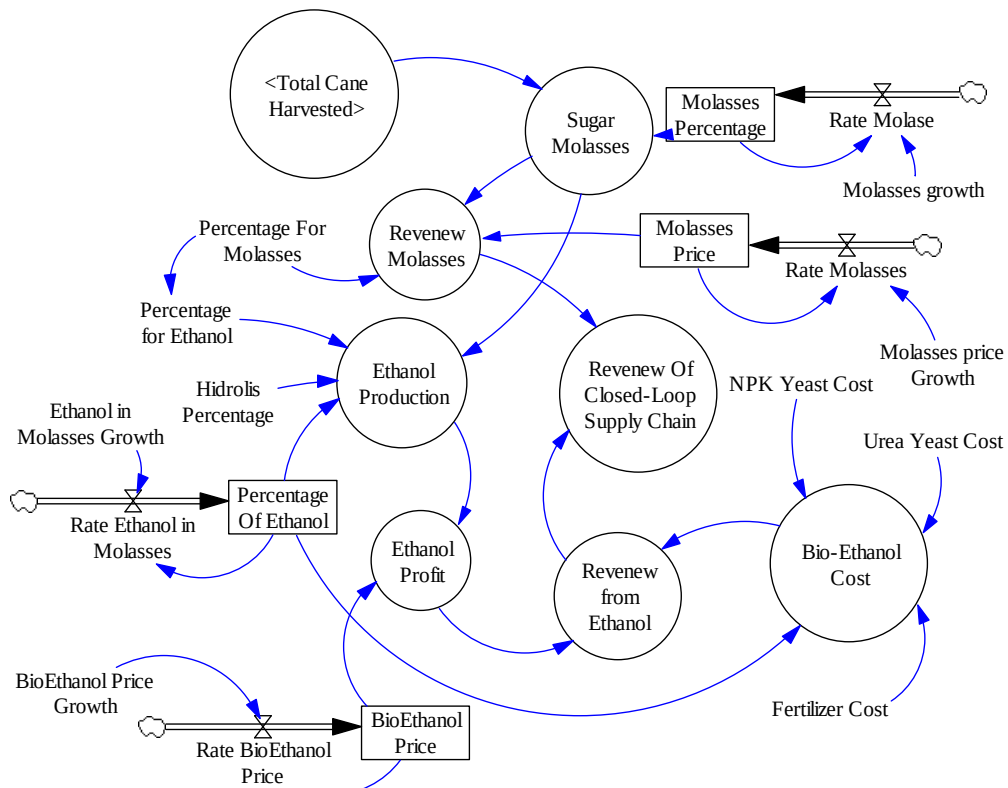
4.10.4 Skenario 4: Closed-Loop Remanufacturing

Terdapat 2 macam sub model untuk mengembangkan produk limbah gula yang terdiri atas produk cair (tetes) dan ampas tebu(Bagasse).

a. Skenario Pengolahan Kembali Produk Tetes

Ketika tebu yang diolah sudah menjadi produk gula ada dua sisa produksi tebu yang harusnya dapat dimanfaatkan kembali, ada yang dapat diolah menjadi gula kembali dan ada yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar boiler yang kemudian dapat dimanfaatkan juga sebagai pupuk kompos. Tujuannya adalah untuk menambah laba perusahaan dan menambah kesejahteraan baik petani, karyawan dan seluruh stakeholder lainnya. Keuntungan yang didapat inilah yang seharusnya dapat dipakai untuk keperluan pengolahan pada masa giling tebu yang akan datang dan diharapkan mampu meningkatkan produksi gula. Untuk

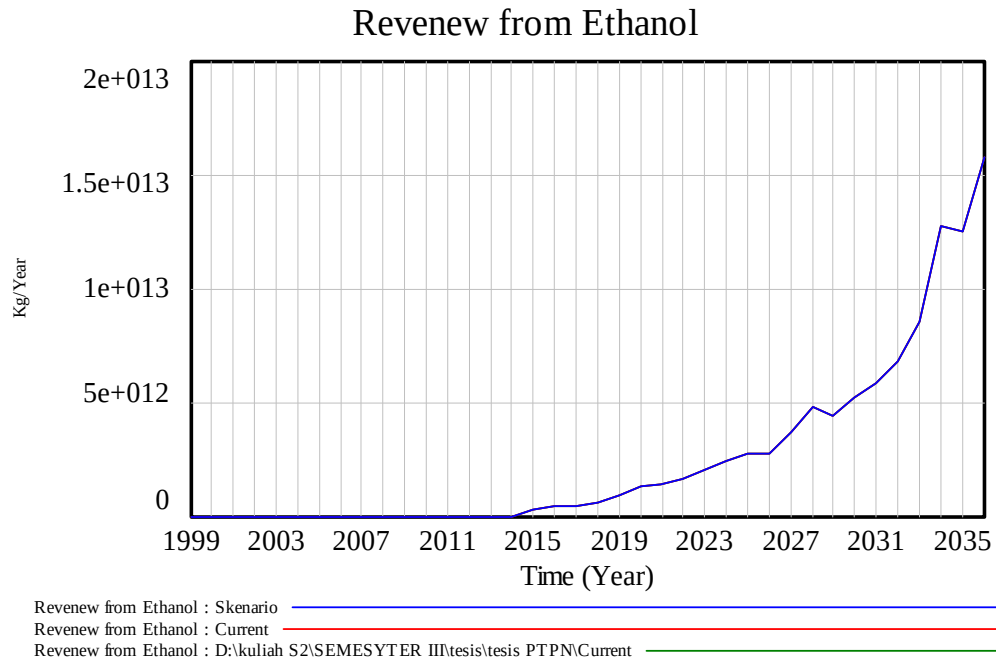
memudahkan perencanaan kembali dibentuk sub model pengolahan kembali (closed-loop supply chain) pada gambar 4.71.



Gambar 4.71 Sub Model Pengolahan Kembali (Closed-loop Supply Chain)

Berdasarkan model 4.71 sebuah produk turunan gula hanya dapat dilakukan dengan kebijakan perusahaan dengan perhitungan presentase tertentu. Hal ini dilakukan untuk membandingkan antara pengolahan kembali dan penjualan langsung tetes gula. Tetes gula ialah residu cair dari nira yang sudah tidak layak konsumsi. Persentase tetes hasil pemerasan tebu hanya berkisar antara 4-5%, Sedangkan Blothong berkisar antara 3-4%. Produk tetes biasanya dijual untuk industri pengolahan makanan, bahan makanan untuk hewan, barang fermentasi seperti alcohol, rum, cuka, dan produk kimia lainnya. Untuk produk blothong ini nantinya akan dimanfaatkan menjadi bahan lilin, pupuk, dan produk makanan untuk ayam dan hewan lainnya. Gambar 4.69 merupakan model yang dipakai untuk memperkirakan pendapatan total pabrik gula dari optimalisasi pemerasan tebu dan penjualan langsung produk tetes pada saat kondisi nyata saat ini dan hasil pengolahan kembali produksi tetes menjadi produk bio-ethanol yang

baru saja dibangun anak perusahaan dan koperasi pegawai PT. Perkebunan Nusantara di wilayah Mojokerto.

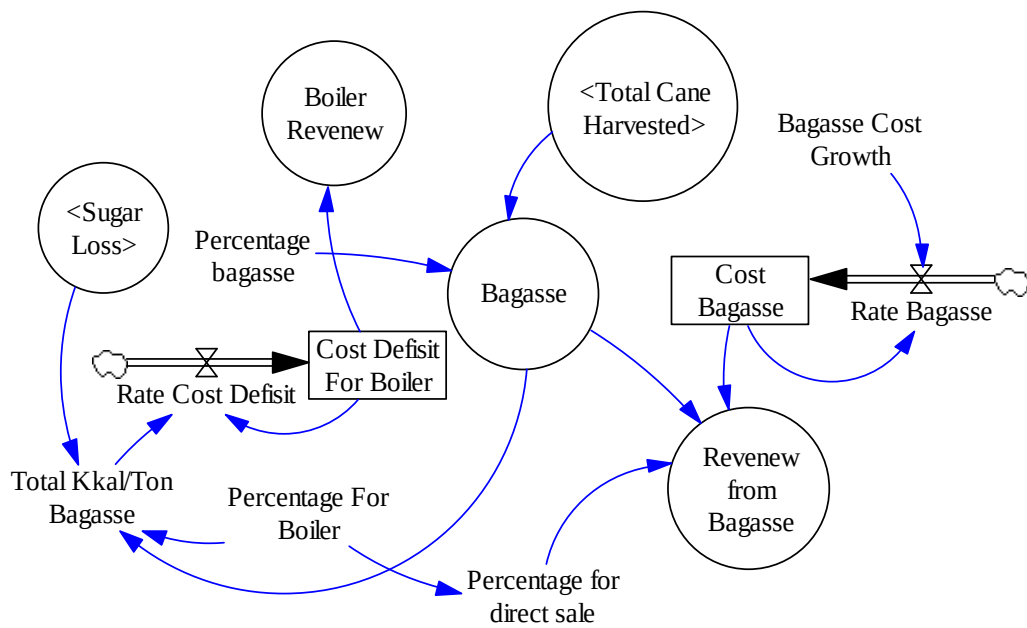


Gambar 4.72 Grafik Produksi Bio-Ethanol PT. Perkebunan Nusantara X

Pabrik bioethanol milik PT. Energi Agro Nusantara (ENERO) merupakan pabrik yang mampu memproduksi bioethanol berkapasitas 30.000 liter per hari. tetapi produksi belum optimal dengan jumlah jam berhenti pabrik pengolahan bio-ethanol sebesar 80% .

b. Skenario Pengolahan Kembali Ampas Tebu

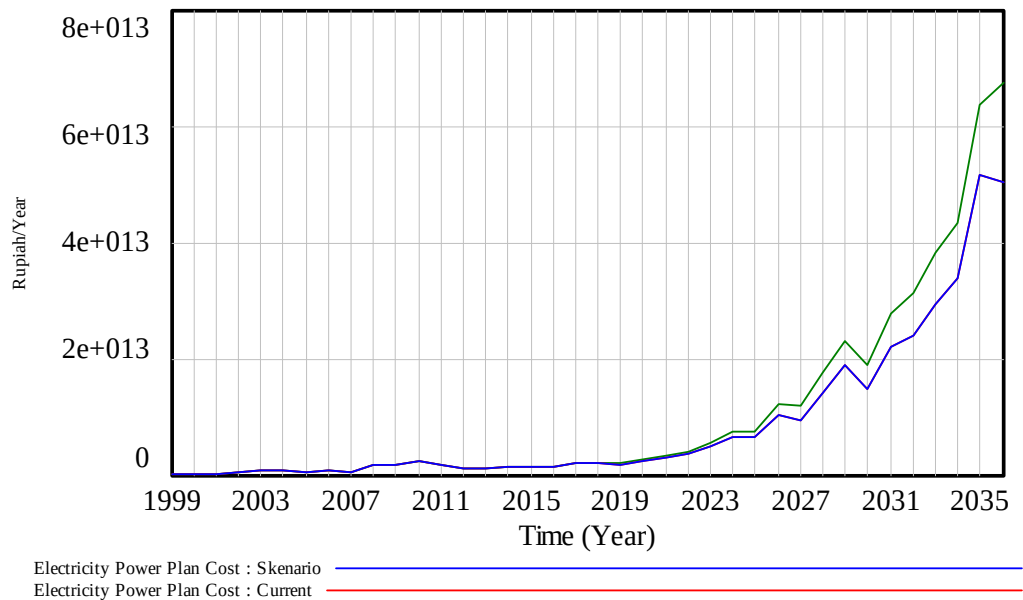
Selain produk cair sisa(residu) tebu juga dapat berupa padatan. Optimalisasi pengolahan tebu di dalam pabrik gula dapat dilakukan dengan mengolah kembali ampas tebu (*bagasse*). Ampas tebu dapat digunakan untuk mengurangi biaya pembakaran bahan bakar boiler ada pula yang dapat dimanfaatkan dan diolah kembali untuk bahan baku kertas, produk – produk bangunan seperti fiber board, paper board serta produk lainnya seperti pakan ternak dan bahan kimia yang lainnya. Untuk memudahkan maka submodel yang terbentuk untuk mengolah data pengolahan kembali ampas tebu dapat dilihat pada gambar 4.66.

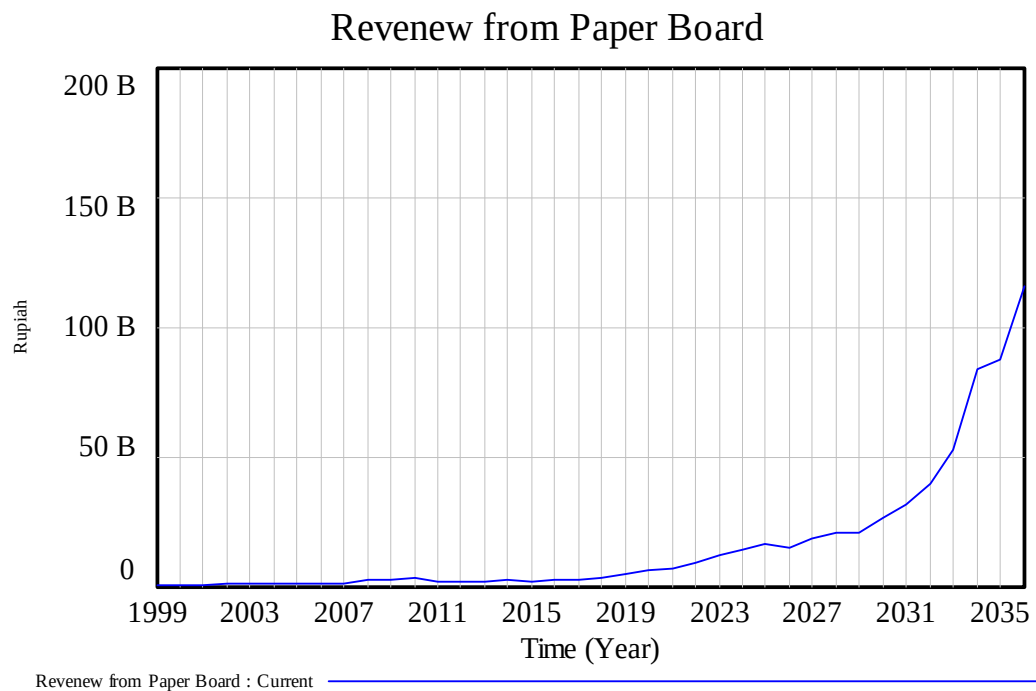


Gambar 4.73 Sub Model Pengolahan Kembali Ampas Tebu

Gambar 4.73 menunjukkan bahwa tidak semua produk perasan tebu yang tidak bisa dimanfaatkan kembali. Sekitar 70%-85% hasil perasan tebu dapat dipakai untuk pembakaran tergantung hasil perasan tebu. Hasilnya digambarkan pada gambar 4.74.

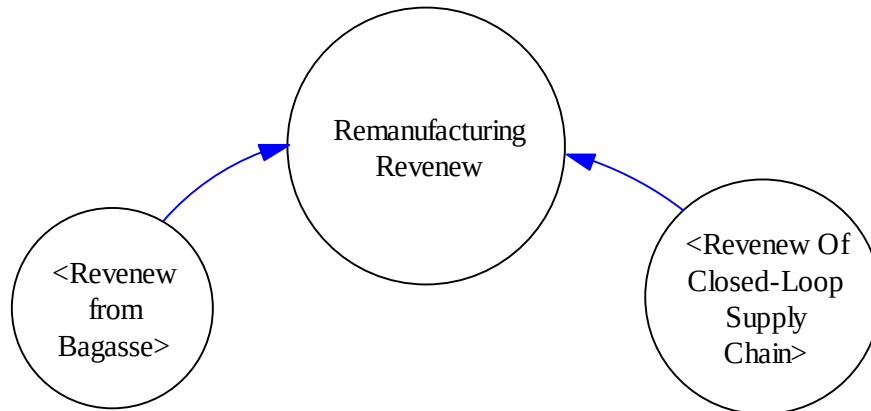
Electricity Power Plan Cost





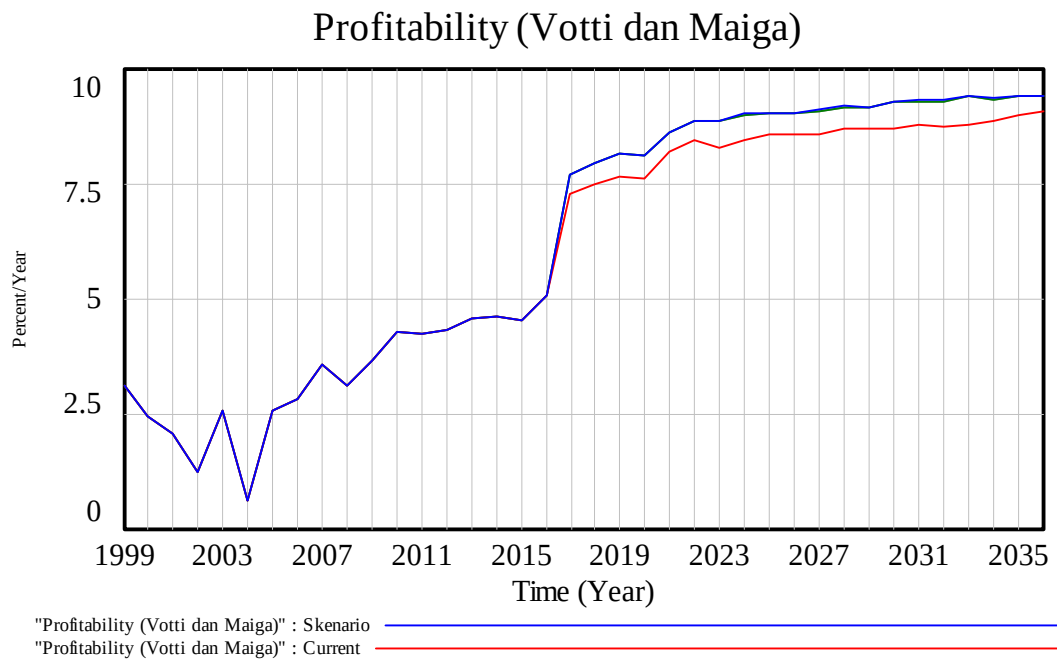
Gambar 4.74 Sub Model Pengolahan Kembali Ampas Tebu

Selain pengolahan untuk pembakaran juga dapat digunakan untuk industri paper board seperti pada gambar 4.73.



Gambar 4.75 Sub Model Total Keuntungan Pengolahan Kembali

Setelah memperoleh hasil dari pengolahan lkembali baik ampas tebu dan produk tetes dan produk – produk turunan lain maka semuanya akan dijumlahkan untuk mendapatkan total keuntungan dari pengolahan kembali seperti yang digambarkan pada gambar 4.75.



Gambar 4.76 Sub Model Total Keuntungan Pengolahan Kembali

Dilihat pada gambar 4.76 terdapat rata-rata kenaikan 6% total profitability pabrik gula. Sementara persentase total keuntungan terhadap biaya produksi meningkat sebesar 8% jika dibandingkan antara sebelum scenario dan setelah dilakukan scenario. Kesimpulan hasil skenario pengolahan kembali akan dijelaskan pada tabel 4.42.

Tabel 4.42 Perbandingan biaya produksi, kebutuhan kelistrikan sebelum dan setelah pengolahan kembali (remanufacturing)

Kondisi	Biaya Boiler	Pendapatan Bersih	Biaya Produksi
Sebelum skenario pengolahan kembali (remanufacturing)	Total profit pada 2017 sebesar 1.963.108.466.688 dan pada tahun 2036 sebesar 80.680.172.126.208 pada tahun 2036	Total profit pada 2017 sebesar 10.410.840.293.376 dan pada tahun 2036 sebesar 13.054.140.779.331.600 pada tahun 2036	Biaya produksi pada 2017 sebesar 22.254.549.204.992 dan pada tahun 2036 sebesar 2.724.115.488.178.180 pada tahun 2036
Setelah skenario pengolahan kembali (remanufacturing)	Total profit pada 2017 sebesar 1.963.108.466.688 dan pada tahun 2036 sebesar 47.317.612.756.992 pada tahun 2036	Total Pendapatan pada 2017 sebesar 22.254.549.204.992 dan pada tahun 2036 sebesar 13.689.781.980.495.900 pada tahun 2036	Biaya produksi pada 2017 sebesar 22.254.549.204.992 dan pada tahun 2036 sebesar 2.578.630.181.912.580 pada tahun 2036

Sumber : Hasil simulasi

Dari tabel 4.42 dapat disimpulkan bahwa dengan memanfaatkan limbah hasil perasan tebu dapat mengurangi biaya pembakaran boiler sebesar 41.3% dari

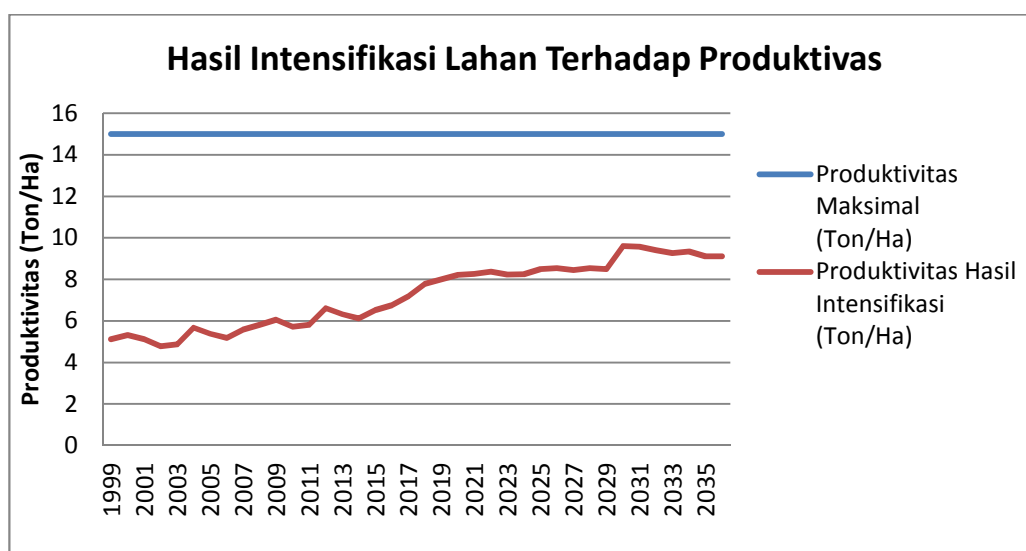
80.680.172.126.208 menjadi 47.317.612.756.992 setelah dilakukan skenario pemanfaatan hasil limbah.

4.11 Skenario Supply Bahan Baku dalam Peningkatan Kapasitas Produksi

Subbab ini akan menjelaskan seberapa besar skenario dan besar variabel yang digunakan dalam scenario untuk dapat meningkatkan profitabilitas maksimal yang didapatkan pabrik tebu di lingkungan PT.Perkebunan Nusantara X.

4.11.1 Produktivitas Maximal Tebu Indonesia

Produksi maksimal per ha tebu adalah 100 Ton/Ha, sedangkan produksi tebu di Indonesia hanya sebesar 54 ton/Ha. Sedangkan produktivitas tebu di Indonesia hasil intensifikasi maksimal adalah sebesar 10 ton/Ha dari total produktivitas maksimal sebesar 15 Ton/Ha. Hasil perbandingan produktivitas tebu maksimal dengan produktivitas tebu di Indonesia ada pada gambar 4.77.



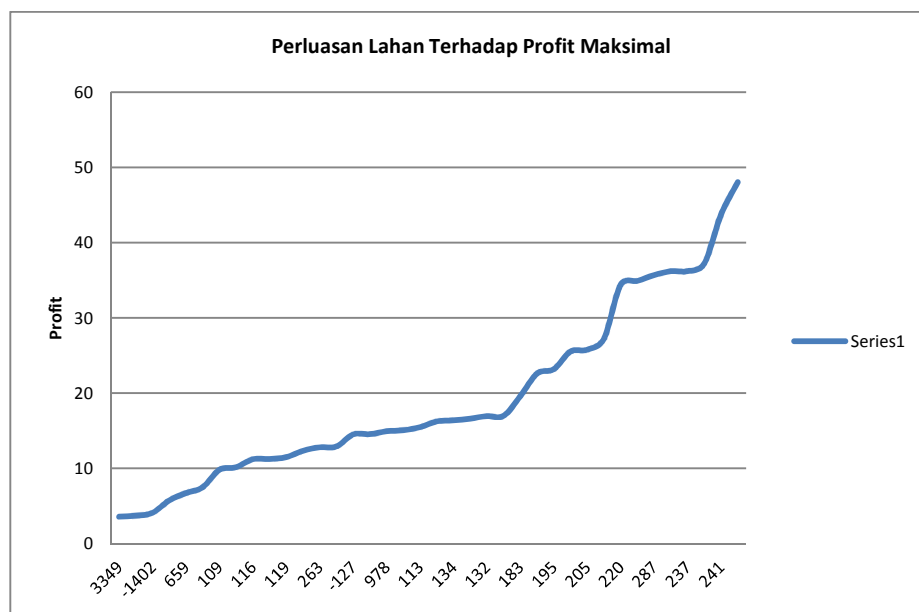
Gambar 4.76 Grafik Intensifikasi Lahan

Hasil pada gambar 4.6 dapat disimpulkan bahwa intensifikasi maksimal lahan tebu yang ada di Indonesia menghasilkan produktivitas maksimal sebesar 9 Ton/Ha.

4.11.2 Perluasan Lahan Maksimal Pabrik Gula

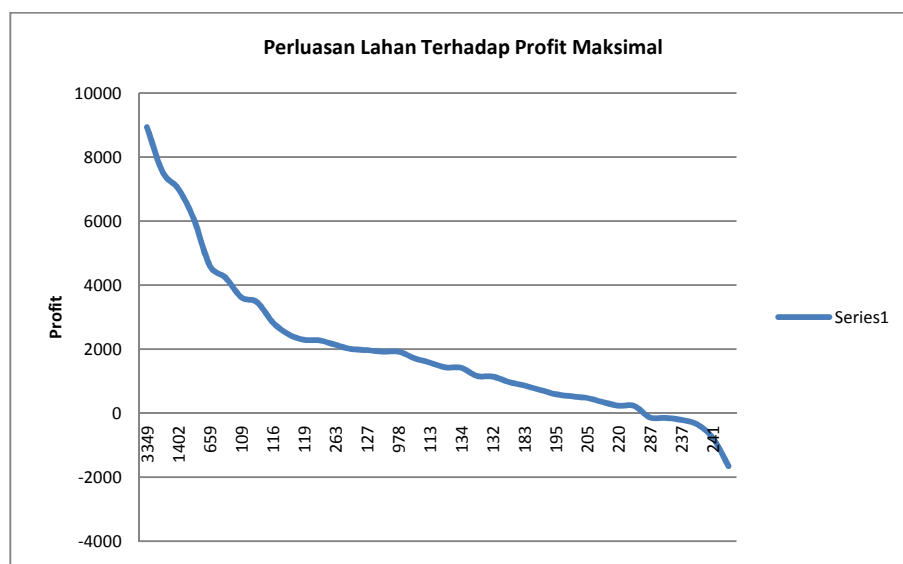
Perluasan lahan maksimal adalah kemampuan maksimal PT.Perkebunan Nusantara X dalam memperluas lahan akan tetapi tetap memperhitungkan tingkat profitabilitas dan juga harga gula terbaik. Hal ini dikarenakan untuk menjaga harga gula tetap dapat dijangkau oleh masyarakat tetapi PT.Perkebunan Nusantara

X tetap mendapat hasil yang maksimal. Untuk mendapatkan keuntungan maksimal PT.Perkebunan Nusantara X paling maksimal yang dapat dikembangkan sebesar 260 Ha dan akan memperoleh profit sebesar 48%.



Gambar 4.77 Grafik Profit Maksimal

Pada gambar 4.77 dapat dilihat bahwa profit yang didapatkan pada tahun 2030 adalah profit maksimal yang diperoleh pabrik gula sebesar 48%.



Gambar 4.78 Grafik Harga Gula

Pada gambar 4.76, 4.77 dan 4.78 maka dapat disimpulkan bahwa intensifikasi lahan sebesar 9 Ton/Ha dan memperluas lahan pertanian petani sebesar 241 Ha

maka PT.Perkebunan Nusantara X akan mendapatkan laba sebesar 48% dan dapat mengurangi harga gula sebesar 400 rupiah.

4.12 Kontribusi Penelitian

Pada subbab ini akan dijelaskan kontribusi penelitian yang diberikan berdasarkan dari penelitian yang dilakukan, kontribusi penelitian ini:

4.12.1 Kontribusi Teoritis

Kontribusi teoritis dari penelitian ini diantaranya sebagai berikut:

1. disebabkan oleh tingginya produksi gula dan kurangnya ketersediaan bahan baku tebu sehingga solusi yang diberikan untuk PT. Perkebunan Nusantara X adalah dengan perencanaan kapasitas giling dengan memperhitungkan perkiraan permintaan yang berasal dari konsumsi langsung dan tidak langsung, jam berhenti giling baik karena kekurangan pasokan giling tebu dan keterlambatan pengiriman dapat menambah milling extraction tebu yang dapat menambah jumlah rendemen dan dapat menambah produksi gula Perhitungan konsumsi langsung gula dan konsumsi tidak langsung gula berpengaruh terhadap perhitungan kapasitas (Georgiadis, 2013; Higgins and Davies, 2005; Suryani et al., 2010) untuk pemenuhan permintaan gula nasional.
2. Pemanfaatan limbah gula baik tetes maupun ampas tebu merupakan salah satu langkah di dalam *closed-looped supply chain* (Georgiadis, 2013; Ghisolfi et al., 2017; Vlachos et al., 2007) dapat meningkatkan profitabilitas (Maiga et al., 2015; Scotti and Volta, 2017) pabrik gula.

4.12.2 Kontribusi Praktis

Kontribusi praktis dari penelitian ini diantaranya sebagai berikut:

1. Limbah produksi tebu yaitu tetes dan ampas tebu dapat dimanfaatkan kembali (*closed-loop supply chain*) menjadi produk bio-ethanol sedangkan ampas tebu dapat mengurangi konsumsi bahan baku batu bara untuk boiler sebesar 41.3% sehingga dapat meningkatkan profitabilitas pabrik gula sebesar 4%.
2. Pemanfaatan limbah tebu juga dapat meningkatkan pendapatan petani tebu sebesar 40.03% sehingga dapat digunakan untuk perluasan lahan tanam

tebu dan penambahan biaya tanam untuk meningkatkan jumlah panen dan rendemen tebu.

3. Dengan mengurangi karyawan kampanye dan merestrukturisasi besaran gaji karyawan kampanye dapat menghemat biaya produksi sebesar 200 miliar dan dapat meningkatkan profitabilitas sebesar 30% dari total keuntungan pabrik gula.
4. Dengan meningkatkan intensifikasi lahan sebesar 9 Ton/Ha dan memperluas lahan pertanian petani sebesar 241 Ha maka PT.Perkebunan Nusantara X akan mendapatkan laba sebesar 48% dan dapat mengurangi harga gula sebesar 400 rupiah.

(Halaman sengaja dikosongkan)

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini memberikan kesimpulan berdasarkan hasil dan pembahasan penelitian yang telah dijabarkan pada bab sebelumnya. Di samping itu, dijabarkan pula saran-saran untuk pengembangan penelitian ini.

5.1 Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan:

1. Limbah produksi tebu yaitu tetes dan ampas tebu dapat dimanfaatkan kembali (*closed-loop supply chain*) menjadi produk bio-ethanol sedangkan ampas tebu dapat mengurangi konsumsi bahan baku batu bara untuk boiler sebesar 41.3% sehingga dapat meningkatkan profitabilitas pabrik gula sebesar 4%.
2. Pemanfaatan limbah tebu juga dapat meningkatkan pendapatan petani tebu sebesar 40.03% sehingga dapat digunakan untuk penambahan biaya intensifikasi tanaman, saluran irigasi untuk meningkatkan jumlah panen tebu.
3. Dengan mengurangi karyawan musiman dan merestrukturisasi besaran gaji karyawan musiman dapat menghemat biaya produksi sebesar 200 miliar dan dapat meningkatkan profitabilitas sebesar 0.3 persen dari total keuntungan pabrik gula.
4. Peningkatan kapasitas juga meningkatkan profitabilitas dari Profitabilitas pabrik gula di tahun 2017 sebesar 3.15113 persen dan 7.6406 persen di tahun 2036 menjadi 6.55 persen di tahun 2017 dan 9.24 persen di tahun 2036.
5. Pengolahan kembali limbah hasil perasan tebu dapat mengurangi Biaya produksi pada 2017 sebesar 22.254.549.204 dan pada tahun 2036 sebesar 2.724.115.488.178 pada tahun 2036 menjadi sebesar 22.254.549.204 pada tahun 2017 dan pada tahun 2036 sebesar 2.578.630.181.912 pada tahun 2036.

6. Pemanfaatan Limbah (Remanufacturing) dapat menambah total profit pada 2017 sebesar 10.410.840.293 dan pada tahun 2036 sebesar 13.054.140.779 pada tahun 2036 menjadi Total Pendapatan pada 2017 sebesar 22.254.549.204 dan pada tahun 2036 sebesar 1.368.978.198.049 pada tahun 2036.
7. Penambahan Bagi Hasil petani juga akan meningkat di tahun 2017 sebesar 359.642.234.880 dan pada tahun 2036 sebesar 167.916.729.270.272 pada tahun 2036 menjadi sebesar 516.467.916.800 pada tahun 2017 dan pada tahun 2036 sebesar 235.135.668.584.448 pada tahun 2036.
8. Dengan meningkatkan intensifikasi lahan sebesar 9 Ton/Ha dan memperluas lahan pertanian petani sebesar 241 Ha maka PT.Perkebunan Nusantara X akan mendapatkan laba sebesar 48% dan dapat mengurangi harga gula sebesar 400 rupiah.

5.2 Saran

Dari pengembangan model dan uji coba skenario yang dilakukan, berikut adalah beberapa saran terhadap penelitian ini diantaranya

1. Pengembangan model skenario lebih diperluas tidak hanya dari produk turunan limbah produksi gula selain untuk bio-ethanol, bahan baku paper board dan bahan pengganti batu bara untuk boiler.
2. Sebelum menggunakan skenario perhitungan kapasitas terlebih dahulu harus dihitung penyediaan bahan baku, di dalam perhitungan penyediaan bahan baku dapat diperluas dengan perhitungan yang lebih mendetail tentang faktor pengiriman bahan baku tambahan dan faktor lain yang menghambat pengiriman bahan baku tambahan tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- Aguilar, N., Galindo, G., Contreras, C., Fortanelli, J., 2012. A methodological approach to sugar mill diversification and conversion. *Ing. E Investig.* 32, 23–27.
- Bantacut, T., 2013. Pengembangan pabrik gula mini untuk mencapai swasembada gula.
- Barlas, Y., 1989a. Multiple tests for validation of system dynamics type of simulation models. *Eur. J. Oper. Res.* 42, 59–87.
- Barlas, Y., 1989b. Multiple tests for validation of system dynamics type of simulation models. *Eur. J. Oper. Res.* 42, 59–87.
- Barlas, Y., Carpenter, S., 1990. Philosophical roots of model validation: two paradigms. *Syst. Dyn. Rev.* 6, 148–166.
- Cachon, G.P., Lariviere, M.A., 2001. Contracting to assure supply: How to share demand forecasts in a supply chain. *Manag. Sci.* 47, 629–646.
- Chiadamrong, N., Kawtummachai, R., 2008. A methodology to support decision-making on sugar distribution for export channel: A case study of Thai sugar industry. *Comput. Electron. Agric.* 64, 248–261.
- Das, D., Dutta, P., 2013. A system dynamics framework for integrated reverse supply chain with three way recovery and product exchange policy. *Comput. Ind. Eng.* 66, 720–733.
- Dias, M.O. de S., Maciel Filho, R., Mantelatto, P.E., Cavalett, O., Rossell, C.E.V., Bonomi, A., Leal, M.R.L.V., 2015. Sugarcane processing for ethanol and sugar in Brazil. *Environ. Dev.* 15, 35–51.
<https://doi.org/10.1016/j.envdev.2015.03.004>
- Forrester, J.W., 1994. System dynamics, systems thinking, and soft OR. *Syst. Dyn. Rev.* 10, 245–256.
- Georgiadis, P., 2013. An integrated system dynamics model for strategic capacity planning in closed-loop recycling networks: A dynamic analysis for the paper industry. *Simul. Model. Pr. Theory* 32, 116–137.
- Georgiadis, P., Vlachos, D., Iakovou, E., 2005. A system dynamics modeling framework for the strategic supply chain management of food chains. *J. Food Eng.* 70, 351–364.
- Ghisolfi, V., Chaves, G. de L.D., Siman, R.R., Xavier, L.H., 2017. System dynamics applied to closed loop supply chains of desktops and laptops in Brazil: A perspective for social inclusion of waste pickers. *Waste Manag.* 60, 14–31.
- Hague, P., n.d. Forecasting & scenario planning. *BI Intell. B2B Int.* Dispon. Desde [Httpwww B2binternational](http://www.B2binternational.com) Comacceso 06 Julio 2010.
- Higgins, A., 2006. Scheduling of road vehicles in sugarcane transport: A case study at an Australian sugar mill. *Eur. J. Oper. Res.* 170, 987–1000.
- Higgins, A., Davies, I., 2005. A simulation model for capacity planning in sugarcane transport. *Comput. Electron. Agric.* 47, 85–102.

- Higgins, A.J., Muchow, R.C., 2003. Assessing the potential benefits of alternative cane supply arrangements in the Australian sugar industry. *Agric. Syst.* 76, 623–638.
- Kadwa, M., Bezuidenhout, C.N., 2015. Modelling sugarcane supply consistency at a sugar mill. *Comput. Electron. Agric.* 111, 107–111.
- Kadwa, M., Bezuidenhout, C.N., 2013. A study of cane supply benefits associated with ad hoc mechanical harvesting to mitigate cutter absenteeism. *Words* 1, 3.
- Kelton, W.D., 2000. Experimental design for simulation. Presented at the Simulation Conference, 2000. Proceedings. Winter, IEEE, pp. 32–38.
- Khamjan, W., Khamjan, S., Pathumnakul, S., 2013. Determination of the locations and capacities of sugar cane loading stations in Thailand. *Comput. Ind. Eng.* 66, 663–674.
- Lambert, D., 2008. An executive summary of supply chain management. *Process. Partnerships Perform. SCMI Sarasota*.
- Lambert, D.M., García-Dastugue, S.J., Croxton, K.L., 2005. An evaluation of process-oriented supply chain management frameworks. *J. Bus. Logist.* 26, 25–51.
- Law, A., n.d. M. and W. D. Kelton. 2000. *Simul. Model. Anal.*
- Le Gal, P.-Y., Lyne, P.W., Meyer, E., Soler, L.-G., 2008. Impact of sugarcane supply scheduling on mill sugar production: a South African case study. *Agric. Syst.* 96, 64–74.
- Lejars, C., Auzoux, S., Siegmund, B., Letourmy, P., 2010. Implementing sugarcane quality-based payment systems using a decision support system. *Comput. Electron. Agric.* 70, 225–233.
- Lejars, C., Le Gal, P.-Y., Auzoux, S., 2008. A decision support approach for cane supply management within a sugar mill area. *Comput. Electron. Agric.* 60, 239–249.
- Maiga, A.S., Nilsson, A., Ax, C., 2015. Relationships between internal and external information systems integration, cost and quality performance, and firm profitability. *Int. J. Prod. Econ.* 169, 422–434.
- Milan, E.L., Fernandez, S.M., Aragones, L.M.P., 2006. Sugar cane transportation in Cuba, a case study. *Eur. J. Oper. Res.* 174, 374–386.
- Muhammadi, E.A., Soesilo, B., 2001. Analisis Sistem Dinamis: Lingkungan Hidup, Sosial, Ekonomi, Manajemen. CV Grahajaya Mandiri Jkt.
- Narayan, P.K., Prasad, B.C., 2003. Fiji's sugar, tourism and garment industries: a survey of performance, problems and potentials. *Fijian Stud. J. Contemp. Fiji* 1, 3.
- Philip, K., 1994. *Marketing management: analysis planning implementation and control*.
- Piewthongngam, K., Pathumnakul, S., Setthanan, K., 2009. Application of crop growth simulation and mathematical modeling to supply chain management in the Thai sugar industry. *Agric. Syst.* 102, 58–66.
- Rozman, Č., Kljajić, M., Pažek, K., 2015. Sugar beet production: A system dynamics model and economic analysis. *Organizacija* 48, 145–154.

- Rozman, Č., Škraba, A., Pažek, K., Kljajić, M., 2014. The development of sugar beet production and processing simulation model—A system dynamics approach to support decision-making processes. *Organizacija* 47, 99–105.
- Scotti, D., Volta, N., 2017. Profitability change in the global airline industry. *Transp. Res. Part E Logist. Transp. Rev.* 102, 1–12.
<https://doi.org/10.1016/j.tre.2017.03.009>
- Stray, B., Van Vuuren, J., Bezuidenhout, C., 2012. An optimisation-based seasonal sugarcane harvest scheduling decision support system for commercial growers in South Africa. *Comput. Electron. Agric.* 83, 21–31.
- Sugiyanto, C., 2007. Permintaan gula di Indonesia. *J. Ekon. Pembang. Kaji. Masal. Ekon. Dan Pembang.* 8, 113–127.
- Suryani, E., Chou, S.-Y., Hartono, R., Chen, C.-H., 2010. Demand scenario analysis and planned capacity expansion: A system dynamics framework. *Simul. Model. Pr. Theory* 18, 732–751.
- Sweeney, L.B., Sterman, J.D., 2000. Bathtub dynamics: initial results of a systems thinking inventory. *Syst. Dyn. Rev.* 16, 249–286.
- Turban, R., n.d. Porter.(2004). *Supply Chain Manag.*
- Vlachos, D., Georgiadis, P., Iakovou, E., 2007. A system dynamics model for dynamic capacity planning of remanufacturing in closed-loop supply chains. *Comput. Oper. Res.* 34, 367–394.

(Halaman sengaja dikosongkan)

Lampiran 1.A

Data Produksi Tebu, Gula, dan Impor Gula tahun 1999-2016

Tabel 1.A Produksi, Tebu Produksi Gula, Impor Gula, Biaya Impor

Tahun	Produksi Tebu (Kg)	Produksi Gula (Ton)	Volume Impor Gula (Ton)	Biaya Impor (USD)
1999	16,156,882,184	1,124,519	1,398,950	321,688
2000	12,613,106,383	889,224	1,538,519	351,039
2001	25,395,298,507	1,701,485	1,284,469	237,463
2002	34,969,516,616	2,314,982	970,926	135,880
2003	31,450,764,618	2,097,766	997,204	215,777
2004	33,294,437,690	2,190,774	1,119,790	262,813
2005	21,232,996,226	1,406,686	1,980,487	585,263
2006	31,584,036,827	2,229,833	1,405,942	537,131
2007	20,207,243,151	1,180,103	2,972,788	1,040,195
2008	49,406,901,198	3,300,381	983,944	352,385
2009	44,780,242,241	2,957,735	1,373,527	567,034
2010	63,938,479,175	3,346,540	1,382,525	803,115
2011	33,215,324,503	2,507,757	2,371,250	1,758,728
2012	32,887,070,092	2,513,317	2,743,778	1,648,307
2013	27,021,782,681	2,127,729	3,343,803	1,626,893
2014	36,973,314,292	2,975,141	2,933,843	1,178,463
2015	32,635,241,286	2,708,130	3,369,941	1,217,248
2016	39,850,922,078	3,068,521	3,235,106	1,435,492

Lampiran 1.B

Data Total Biaya Produksi Gula tahun 1999-2016

Tabel 1.B Total Biaya Impor

Tahun	Campaign Labor Cost	Labor Cost	Operational Cost	Packaging	Electricity Power Plan Cost
1999	Rp 728,781,000,000	Rp 1,442,551,000,000	Rp 346,152,000,000	Rp 2,239,119	Rp 106,988,800,000
2000	Rp 632,680,000,000	Rp 1,467,059,900,000	Rp 305,940,539,000	Rp 1,665,864	Rp 106,887,153,152
2001	Rp 973,177,590,000	Rp 2,316,505,980,000	Rp 407,335,025,000	Rp 4,435,132	Rp 219,887,153,152
2002	Rp 1,393,630,000,000	Rp 2,601,183,290,000	Rp 308,610,375,000	Rp 6,652,837	Rp 627,887,153,152
2003	Rp 1,567,960,000,000	Rp 2,695,880,300,000	Rp 308,992,899,000	Rp 7,865,908	Rp 719,887,709,572
2004	Rp 1,638,769,000,000	Rp 2,619,593,080,000	Rp 309,869,208,000	Rp 6,612,749	Rp 819,902,226,432
2005	Rp 1,717,400,000,000	Rp 2,521,238,570,000	Rp 311,203,088,200	Rp 4,798,744	Rp 419,921,461,248
2006	Rp 1,828,650,000,000	Rp 2,593,463,890,000	Rp 312,790,691,000	Rp 7,686,284	Rp 820,030,283,776
2007	Rp 1,328,950,000,000	Rp 2,576,276,090,000	Rp 312,732,365,000	Rp 4,005,557	Rp 420,307,894,272
2008	Rp 3,351,100,000,000	Rp 3,313,192,800,000	Rp 417,855,904,000	Rp 13,806,249	Rp 1,620,616,732,672
2009	Rp 3,362,392,000,000	Rp 3,360,555,130,000	Rp 471,613,078,000	Rp 12,550,908	Rp 1,612,678,000,640
2010	Rp 3,428,690,040,000	Rp 3,357,537,690,000	Rp 526,485,766,000	Rp 10,844,772	Rp 2,498,098,847,808
2011	Rp 3,427,058,000,000	Rp 4,015,452,020,000	Rp 633,177,105,000	Rp 557,633,920	Rp 1,726,956,652,544
2012	Rp 3,168,342,000,000	Rp 4,064,623,000,000	Rp 786,870,930,000	Rp 31,294,980	Rp 1,129,854,064,640
2013	Rp 3,360,962,000,000	Rp 4,135,086,800,000	Rp 813,125,950,000	Rp 42,525,744	Rp 1,023,819,214,080
2014	Rp 3,550,912,000,000	Rp 4,225,808,090,000	Rp 1,019,395,700,000	Rp 92,807,888	Rp 1,280,770,959,360
2015	Rp 3,892,197,000,000	Rp 4,535,137,800,000	Rp 1,035,658,074,000	Rp 157,141,536	Rp 1,444,819,439,610
2016	Rp 4,033,480,000,000	Rp 4,967,834,200,000	Rp 1,051,920,444,000	Rp 336,166,752	Rp 1,450,846,326,780

Data Total Biaya Produksi Gula tahun 1999-2016

Tabel 1.B Total Biaya Impor (Lanjutan)

Tahun	Fuel Cost	Biaya Produksi
1999	Rp 777,545,600,000	Rp 3,888,586,702,000
2000	Rp 634,280,430,000	Rp 3,528,440,832,000
2001	Rp 1,298,496,368,000	Rp 6,935,252,860,000
2002	Rp 2,139,408,416,000	Rp 9,658,104,904,000
2003	Rp 1,972,280,384,000	Rp 9,177,726,250,000
2004	Rp 2,533,069,440,000	Rp 10,493,807,460,000
2005	Rp 941,620,323,841	Rp 6,972,942,502,000
2006	Rp 2,647,362,437,120	Rp 11,512,627,779,000
2007	Rp 639,034,280,000	Rp 5,778,964,391,000
2008	Rp 4,480,981,947,000	Rp 18,053,084,070,000
2009	Rp 3,204,134,791,000	Rp 15,871,206,010,000
2010	Rp 3,782,609,442,816	Rp 18,452,821,560,000
2011	Rp 2,336,571,079,168	Rp 14,198,920,134,000
2012	Rp 2,152,742,949,888	Rp 14,220,347,586,000
2013	Rp 2,260,578,877,440	Rp 13,921,730,847,000
2014	Rp 3,766,115,051,520	Rp 17,901,423,397,000
2015	Rp 2,332,527,974,400	Rp 16,194,617,400,000
2016	Rp 3,477,695,959,040	Rp 18,938,911,612,000

Lampiran 2

FORMULA SKENARIO RESTRUKTURISASI PENGAJIAN KARYAWAN KAMPANYE

Total Campaign Labor Cost=

$$(((\text{Allowance} + \text{PKWT Labor Cost}) * \text{Total PKWT Labor}) / (\text{Total Milling Days} / 30) * \text{Day To year Conversion})$$

)

Units: Rupiah/Year

PKWT Labor Cost=

$$(\text{Overtime} * \text{Overtime Hour Rate}) + \text{Regional Minimum Wages}$$

Units: Rupiah/Year

FORMULA SKENARIO PENAMBAHAN SHARE PROFIT PETANI

Total Farmer's Share Profit=

$$(((\text{Share Profit Percentage} / 100) * \text{Sugar Production} * \text{Sugar Price}) * \text{Conversion}) +$$

$$(\text{Remanufacturing Renew} * \text{Share Profit Percentage})$$

Units: Rupiah/Year

Lampiran 3

FORMULA SKENARIO CLOSED-LOOP REMANUFACTURING

Ethanol Production= IF THEN ELSE(Percentage for Ethanol<0,(Hidrolis Percentage/100)*(Percentage for Ethanol /100)*("Molasess Coeff."*Sugar Molasses)*(Percentage Of Ethanol/100),0) Units: Liter/Year
Revenew from Ethanol= Ethanol Profit-"Bio-Ethanol Cost" Units: Rupiah/Year
"Bio-Ethanol Cost"= ((2/1000)*Fertilizer Cost)+((1/1000)*NPK Yeast Cost)+((5/1000)*Urea Yeast Cost))*(Percentage Of Ethanol/Liter To Cost) Units: Rupiah/Year
"Total Kkal/Ton Bagasse"= Bagasse*Percentage For Boiler*((Sugar Loss+70)/100)*"Kkal/Ton" Units: Kkal/Year
Bagasse= Total Cane Harvested*(Percentage bagasse/100000) Units: Percent*Ton/Year

Bagasse Renewal=

$(\text{Percentage for direct sale}/100) \times \text{Bagasse} \times \text{Cost Bagasse}$

Units: Rupiah/Year

FORMULA SKENARIO PENINGKATAN KAPASITAS

Added Capacity =

$\text{IF THEN ELSE}(\text{Gap Capacity} < 5, 0, (\text{Gap Capacity}/\text{Percentage}) \times \text{exclusive capacity})$

Units: Ton/Day

BIOGRAFI PENULIS



Arnoldus Yansen Friska Damar Yudhistira. Lahir di Blitar, 19 Januari 1989. Merupakan anak pertama dari dua bersaudara. Penulis menempuh pendidikan formal mulai dari 1995-2001 di SD Katolik Yos Soedarso Blitar. Pada tahun 2001-2004 di SMP Negeri 2 Blitar, dan 2004-2007 di SMA Negeri 1 Blitar. Tahun 2007 penulis melanjutkan jenjang pendidikan Strata 1 di jurusan Sistem Informasi Sekolah Tinggi Manajemen Informatika dan Teknik Komputer Surabaya dan lulus pada tahun 2012. Sejak tahun 2013, penulis bekerja sebagai staff komputer di PT. Korintiga Hutani dan memutuskan untuk berhenti pada tahun 2015. Kemudian pada tahun 2016 penulis meneruskan pendidikan magister dan diterima sebagai mahasiswa di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya pada jurusan Sistem Informasi, Fakultas Teknologi Informasi. E-mail: arnoldusdamar@gmail.com