



**TUGAS AKHIR - KM184801**

**IMPLEMENTASI *SYSTEM DYNAMICS* UNTUK  
MENGANALISIS PERMINTAAN DAN PERENCANAAN  
KAPASITAS LISTRIK DI JAWA TIMUR  
STUDI KASUS PT. PJB (PEMBANGKITAN JAWA-BALI)**

**NIDA NABILAH NUZUL LATHIFAH  
NRP. 0611154000007**

**Dosen Pembimbing:  
Dr. Imam Mukhlash, S.Si., MT  
Erma Suryani, ST., MT., Ph.D.**

**DEPARTEMEN MATEMATIKA  
Fakultas Matematika, Komputasi, dan Sains Data  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2019**





**FINAL PROJECT - KM184801**

**SYSTEM DYNAMICS IMPLEMENTATION TO ANALYZE  
ELECTRICITY DEMAND AND CAPACITY PLANNING IN  
JAWA TIMUR  
CASE STUDY PT. PJB (PEMBANGKITAN JAWA-BALI)**

**NIDA NABILAH NUZUL LATHIFAH  
NRP. 0611154000007**

**Supervisor:  
Dr. Imam Mukhlash, S.Si., MT  
Erma Suryani, ST., MT., Ph.D.**

**DEPARTEMENT OF MATHEMATICS  
Faculty of Mathematics Computations and Data  
Science  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2019**



## LEMBAR PENGESAHAN

**IMPLEMENTASI *SYSTEM DYNAMICS* UNTUK  
MENGANALISIS PERMINTAAN DAN PERENCANAAN  
KAPASITAS LISTRIK DI JAWA TIMUR  
STUDI KASUS PT. PJB (PEMBANGKITAN JAWA-BALI)**

***SYSTEM DYNAMICS IMPLEMENTATION TO ANALYZE  
ELECTRICITY DEMAND AND CAPACITY PLANNING IN  
JAWA TIMUR  
CASE STUDY PT. PJB (PEMBANGKITAN JAWA-BALI)***

### TUGAS AKHIR

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat  
Untuk memperoleh gelar Sarjana Matematika  
Pada bidang studi Ilmu Komputer  
Program Studi S-1 Departemen Matematika  
Fakultas Matematika, Komputasi, dan Sains Data  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

Oleh :  
**NIDA NABILAH NUZUL LATHIFAH**  
NRP. 0611154000007

Menyetujui,

Dosen Pembimbing II,



Erma Suryani, S. MT., Ph.D.  
NIP. 19700427 200501 2 001

Dosen Pembimbing I,



Dr. Imam Mukhlash, S.Si, MT.  
NIP. 19700831 199403 1 003

Mengetahui,  
Kepala Departemen Matematika FMKSD ITS



Dr. Imam Mukhlash, S.Si, MT.  
NIP. 19700831 199403 1 003  
Surabaya, 25 Juli 2019



**IMPLEMENTASI *SYSTEM DYNAMICS* UNTUK  
MENGANALISIS PERMINTAAN DAN PERENCANAAN  
KAPASITAS LISTRIK DI JAWA TIMUR  
STUDI KASUS PT. PJB (PEMBANGKITAN JAWA-BALI)**

Nama Mahasiswa : Nida Nabilah Nuzul Lathifah  
NRP : 06111540000007  
Departemen : Matematika FMKSD ITS  
Pembimbing : 1. Dr. Imam Mukhlash, S.Si., MT  
2. Erma Suryani, ST., MT., Ph. D.

**Abstrak**

Di Jawa Timur sepanjang tahun 2018 penjualan listrik tercatat mengalami pertumbuhan sebesar 5,52 persen atau setara dengan 741.837 MegaWathour (MWh) per tahun. Salah satu sumber penyedia energi listrik area Jawa Timur adalah PT. PJB (Pembangkitan Jawa-Bali), hal ini karena PT. PJB menyediakan kurang lebih 31 persen Daya Terpasang Regional Jawa-Bali. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan model dinamika sistem permintaan dan perencanaan kapasitas PT. PJB sehingga dapat memenuhi kebutuhan listrik sesuai kondisi eksisting. Pada Tugas Akhir ini, model yang dihasilkan telah sesuai dengan kondisi sistem nyata berdasarkan hasil validasi model yang sesuai dengan standar. Hasil simulasi skenario model menunjukkan angka permintaan energi listrik mencapai 4006,07 MW, dan listrik yang dapat diproduksi oleh PT. PJB mencapai 9320,38. Berdasarkan hasil simulasi tidak perlu dilakukan pembangunan pembangkit yang baru, karena angka pertumbuhan permintaan tidak sebanding dengan kenaikan angka produksi. Dengan pembangkit yang ada, listrik yang diproduksi sudah dapat memenuhi permintaan listrik di Jawa Timur.

Kata Kunci: *Permintaan listrik, Perencanaan Kapasitas, System Dynamics, Distribusi Jawa Timur*



**SYSTEM DYNAMICS IMPLEMENTATION TO ANALYZE  
ELECTRICITY DEMAND AND CAPACITY PLANNING IN  
JAWA TIMUR  
CASE STUDY PT. PJB (PEMBANGKITAN JAWA-BALI)**

*Student Name* : Nida Nabilah Nuzul Lathifah  
*Student Number* : 0611154000007  
*Department* : *Mathematics* FMKSD ITS  
*Supervisors* : 1. Dr. Imam Mukhlash, S.Si., MT  
2. Erma Suryani, ST., MT., Ph.D.

***Abstract***

*In East Java, throughout 2018 Electricity Sales grew by 5.52 percent, equivalent to 741,837 MegaWhour (MWh). One source of the East Java area electricity provider is PT. PJB (Pembangkitan Jawa-Bali), this is because PT. PJB provides approximately 31 percent of Java-Bali Regional Power. This study aims to develop a model of demand system dynamics and capacity planning of PT. PJB so that it can meet electricity needs according to existing conditions. In this Final Project, the resulting model is in accordance with the real system conditions based on the results of the model validation in accordance with the standard. The model scenario simulation results show that the demand for electrical energy reaches 4006.07 MW, and electricity can be produced by PT. PJB reaches 9320.38. Based on the simulation results there is no need to build a new plant, because the demand growth rate is not proportional to the increase in production numbers. With existing plants, electricity produced can meet electricity demand in East Java.*

*Key Word: Demand Electricity, Capacity Planning System Dynamics, East Java Distribution*



## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang mana telah memberikan rahmat, syafaat, dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini yang berjudul “Implementasi *System Dynamics* untuk Menganalisis Permintaan dan Perencanaan Kapasitas Listrik di Jawa Timur Studi Kasus PT. PJB (Pembangkitan Jawa-Bali)” dengan baik. Tugas Akhir ini adalah bagian penting dari serangkaian studi penulis, yakni sebagai salah satu syarat untuk menggenapi proses belajar penulis selama di jenjang sarjana.

Terselesaikannya Tugas Akhir ini adalah salah satu hal luar biasa yang penulis lakukan hingga saat ini. Banyak sekali pengalaman, suka duka, dan juga ilmu yang sudah penulis dapatkan mulai saat pra-Tugas Akhir, saat pengerjaan, hingga penulis menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini. Selain itu, terselesaikannya Tugas Akhir dan juga laporan ini tidak pernah luput dari bantuan serta dukungan banyak pihak. Untuk itu, penulis ucapkan terima kasih dan penghargaan yang sebesar-besarnya kepada:

1. Kedua orangtua penulis yang selalu merangkul penulis hingga hidup penulis yang berada di titik ini,
2. Bapak Dr. Imam Mukhlash, S.Si., M.T. selaku Kepala Departemen Matematika ITS dan pembimbing Tugas Akhir penulis,
3. Ibu Erma Suryani. ST., MT., Ph.D. selaku dosen pembimbing Tugas Akhir penulis yang sudah meluangkan banyak sekali waktu dan dengan ketabahan untuk membimbing penulis demi kebaikan penulis,
4. Bapak Prof. Dr. Mohammad Isa Irawan, MT., Bapak Drs. Daryono Budi Utomo, M.Si., dan Bapak Dr. Chairul Imron,

MI.Komp., selaku dosen penguji Tugas Akhir penulis yang telah memberikan masukan, arahan, dan juga saran-saran yang sangat bermanfaat bagi penulis hingga terselesaikannya Tugas Akhir ini dengan baik,

5. Bapak Dr. Dieky Adzkiya, S. Si., M. Si. atas kesabaran, kebaikan, dan perhatiannya selama menjadi dosen wali penulis dari mahasiswa baru hingga lulus saat ini,
6. Bapak Dr. Didik Khusnul Arif, S. Si., M. Si. selaku Ketua Program Studi S-1 Departemen Matematika ITS dan Bapak Drs. Iis Herisman, M. Si. selaku Sekretaris Program Studi S-1 Departemen Matematika yang selama ini sudah bekerja keras dalam membantu dan menanggapi kebutuhan penulis,
7. Seluruh Bapak/Ibu dosen dan seluruh staff Departemen Matematika ITS yang selama perjalanan kuliah telah memberikan pelajaran berharga kepada penulis baik akademik maupun moral,
8. Pakde Lumumba, Bude Hati, yang telah berjasa memberikan *support* mental dan finansial kepada penulis sejak penulis menginjakkan kaki diperantauan hingga menyelesaikan Strata-1 ini,
9. Kepada keluarga surabaya yang telah membuat penulis terkader sempurna Mba Risa, Mba Rofida, Mba Cici, Mas Sesa,
10. *My little brother that I hate the most*,
11. Seluruh keluarga besar penulis,
12. Zero (motor penulis) yang tercinta,
13. Mba Ay, Kakom, Riko-*chan*, Amel, Rama Nay, Minmin, Ijoel, Uping, Aldo-*san*, pasangan, yang masing-masing memiliki peran tersendiri selama kehidupan penulis di Matematika,
14. Sobat *gengster* Lab. Ilkom (beberapa telah penulis sebutkan serta Sima, Devia, Dacilv), *gengster* SKBM yang menjadi

saksi penulis mendapatkan topik penelitian ini (Agretta, Amira, Widiya, Riska, Rama), elemen kos GJ yang senantiasa menampung penulis (Hottie, Lalak, Elsi, Riskul, Nok, Cihing, dan ketua kajian Nadiya), Sobat *fangirling*-an penulis (Syah, Cindy, Ijoel, Anita, *etc*)

15. Teman-teman Matematika angkatan 2015, yang selalu mendukung dan menjadi keluarga penulis selama kuliah, khususnya Rene Descartes,

16. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan namanya satu per-satu, terima kasih sudah hadir dalam kehidupan penulis dan memberikan banyak sekali pelajaran untuk penulis. Semua yang hadir dalam kehidupan penulis adalah orang-orang yang berharga.

Akhir kata, semoga Tugas Akhir ini dapat dijadikan sumber pembelajaran dan bermanfaat untuk semua, dan dapat dijadikan sebagai salah satu karya yang berguna. Penulis sangat terbuka akan diskusi dan kritik serta saran yang membangun.

Surabaya, 26 Juli 2019

Penulis



## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	v
Abstrak .....	vii
<i>Abstract</i> .....	ix
KATA PENGANTAR.....	xi
DAFTAR ISI.....	xv
DAFTAR GAMBAR .....	xvii
DAFTAR TABEL .....	xix
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	5
1.3 Batasan Masalah.....	5
1.4 Tujuan Tugas Akhir .....	5
1.5 Manfaat.....	6
1.6 Sistematika Penulisan.....	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	9
2.1 Penelitian Terdahulu.....	9
2.2 <i>Demand Electricity and Capacity Planning</i> .....	10
2.3 Kebutuhan Listrik di Jawa Timur.....	11
2.4 <i>Supply</i> Listrik di Jawa Timur .....	12
2.5 <i>System Dynamics</i> .....	12
2.6 <i>Causal Loop Diagram</i> .....	16
2.7 <i>Stock and Flow Diagram</i> .....	17
2.8 Verifikasi dan Validasi.....	17
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	19
3.1 Metode Penelitian.....	19
3.2 Diagram Alir Penelitian.....	23
BAB IV PERANCANGAN SISTEM DAN SIMULASI.....	25
4.1 Deskripsi Data .....	25

4.2	Model <i>Causal Loop Diagram</i> .....	25
4.3	Pemodelan Sistem .....	28
4.3.1	Submodel Produksi .....	28
4.3.2	Submodel <i>Demand</i> .....	30
4.3.3	Submodel <i>Demand</i> per Sector .....	33
4.3.4	Submodel Fullfilment Ratio.....	36
4.3.5	Submodel <i>Excess Capacity</i> .....	38
4.3.6	Submodel Internal Consumption .....	40
4.4	Verifikasi dan Validasi Model.....	41
4.4.1	Verifikasi Basemodel Results .....	41
4.4.2	Validasi Model.....	42
4.4.2.1	Validasi Submodel Produksi.....	43
4.4.2.2	Validasi Submodel <i>Demand</i> .....	44
4.4.2.3	Validasi Submodel Fullfilment Ratio .....	45
BAB V PERANCANGAN SKENARIO.....		47
5.1	Pengembangan Skenario dan analisis hasil .....	47
BAB VI PENUTUP.....		57
6.1	Kesimpulan.....	57
6.2	Saran.....	58
DAFTAR PUSTAKA.....		59
TENTANG PENULIS.....		71

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Tahapan Pengembangan <i>system dynamics</i> .....	13
Gambar 2. 2 Loop pada <i>Causal Loop Diagram</i> .....	16
Gambar 2. 3 Diagram <i>stock and flow</i> .....	17
Gambar 4. 1 Causal Loop Diagram Sistem .....	26
Gambar 4. 2 <i>Stock and Flow Diagram</i> Submodel Produksi ....	30
Gambar 4. 3 Grafik Hasil Simulasi Submodel Produksi .....	30
Gambar 4. 4 <i>Stock and Flow Diagram</i> Submodel <i>Demand</i> .....	32
Gambar 4. 5 Grafik Hasil Simulasi Submodel <i>Demand</i> .....	32
Gambar 4. 6 <i>Stock and Flow Diagram</i> Submodel Household <i>Demand</i> .....	33
Gambar 4. 7 Grafik Hasil Simulasi Submodel <i>Demand Sector</i> Rumah Tangga .....	33
Gambar 4. 8 <i>Stock and Flow Diagram</i> Submodel Business <i>Demand</i> .....	34
Gambar 4. 9 Grafik Hasil Simulasi Submodel <i>Demand Sector</i> Bisnis.....	34
Gambar 4. 10 <i>Stock and Flow Diagram</i> Submodel Industry <i>Demand</i> .....	34
Gambar 4. 11 Grafik Hasil Simulasi Submodel <i>Demand Sector</i> Industri .....	35
Gambar 4. 12 <i>Stock and Flow Diagram</i> Submodel Publics <i>Demand</i> .....	35
Gambar 4. 13 Grafik Hasil Simulasi Submodel <i>Demand Sector</i> Umum.....	35
Gambar 4. 14 <i>Stock and Flow Diagram</i> Submodel Government Office <i>Demand</i> .....	35
Gambar 4. 15 Grafik Hasil Simulasi Submodel <i>Demand Sector</i> Pemerintah.....	36
Gambar 4. 16 <i>Stock and Flow Diagram</i> Submodel Street Light <i>Demand</i> .....	36
Gambar 4. 17 Grafik Hasil Simulasi Submodel <i>Demand Sector</i> Lampu Jalan .....	36
Gambar 4. 18 <i>Stock and Flow Diagram</i> Submodel Fullfilment Ratio .....	37

Gambar 4. 19 Grafik Hasil Simulasi Submodel <i>Fullfilment Ratio</i> Sector Rasio Pemenuhan .....	38
Gambar 4. 20 <i>Stock and Flow Diagram</i> Submodel <i>Excess Capacity</i> .....	39
Gambar 4. 21 Grafik Hasil Simulasi Submodel <i>Demand Sector</i> Kapasitas Berlebih.....	39
Gambar 4. 22 <i>Stock and Flow Diagram</i> Submodel Internal Consumption .....	40
Gambar 4. 23 Grafik Hasil Simulasi Submodel <i>Demand Sector</i> Konsumsi Inernal .....	41
Gambar 4. 24 Tombol Check Model untuk Verifikasi.....	41
Gambar 4. 25 Message from Vensim dari model yang terverifikasi.....	42
Gambar 5. 1 Gambar Skenario <i>Do-nothing Demand</i> .....	48
Gambar 5. 2 Gambar Skenario <i>Most Likely Demand</i> .....	49
Gambar 5. 3 Gambar <i>Fullfillment Ratio Most Likely Demand</i> .....	49
Gambar 5. 4 Gambar Skenario Pesimis <i>Demand</i> .....	50
Gambar 5. 5 Gambar <i>Fullfillment ratio</i> Pesimis <i>Demand</i> .....	51
Gambar 5. 6 Gambar Skenario Optimis <i>Demand</i> .....	52
Gambar 5. 7 Gambar <i>Fullfillment ratio</i> Optimis <i>Demand</i> .....	52
Gambar 5. 8 Model Skenario 2 <i>Renewable Energy</i> .....	54
Gambar 5. 9 Hubungan Demand dan Produksi Skenario <i>Renewable Energy</i> .....	54
Gambar 5. 10 Skenario Rasio Pemenuhan <i>Renewable Energy</i> .....	54
Gambar 5. 11 Grafik Hubungan Skenario <i>Renewable Energy</i> .....	55

## DAFTAR TABEL

Tabel 4. 1 Tabel Variabel Submodel Produksi.....	29
Tabel 4. 2 Tabel Variabel Submodel <i>Demand</i> .....	31
Tabel 4. 3 Tabel Variabel Submodel Fullfilment Ratio .....	37
Tabel 4. 4 Tabel Variabel Submodel <i>Excess Capacity</i> .....	39
Tabel 4. 5 Tabel Variabel Submodel Internal Consumption ....	40
Tabel 4. 6 Tabel Validasi Submodel Produksi .....	43
Tabel 4. 7 Tabel Validasi Submodel <i>Demand</i> .....	44
Tabel 4. 8 Tabel Validasi Submodel Fullfilment Ratio.....	45



# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

Pada bab ini, akan dibahas beberapa hal dasar mengenai penelitian ini yang meliputi: latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan, manfaat, serta sistematika penulisan tugas akhir. Penjelasan tentang hal-hal tersebut diharapkan dapat memberikan gambaran umum mengenai permasalahan sehingga dapat dipahami dengan baik.

### **1.1 Latar Belakang**

Konsumsi energi memiliki kaitan yang erat dengan perkembangan masyarakat, dimana energi membantu manusia dalam mencapai tingkat kesejahteraan dan kualitas hidup hingga saat ini, tak terkecuali energi listrik. Di zaman modern ini hampir semua peralatan di lingkungan kita berhubungan dengan energi listrik. Di Indonesia, energi listrik bisa digunakan oleh masyarakat karena adanya sistem penyaluran energi listrik. Sistem penyaluran energi listrik mempunyai bagian yang disebut dengan Sistem Tenaga Listrik (STL), yaitu rangkaian instalasi penyaluran listrik yang terbagi menjadi: pembangkitan, transmisi/penyaluran, distribusi dan konsumen. Di Indonesia perusahaan yang mengelola segala aspek kelistrikan adalah Perusahaan Listrik Negara (PLN) atau nama resminya adalah PT. PLN (Persero). PT. PLN (Persero) mengumumkan konsumsi listrik pada paruh pertama 2018 sebesar 112,46 TeraWatt-hour (TWh) atau tumbuh 4,7 persen secara tahunan<sup>1</sup>. Di Jawa Timur

---

<sup>1</sup> Primadhyta, Safyra. 2018. *Semester/2018, Konsumsi Listrik Tumbuh 4,7 Persen*. CNN Indonesia. [Online]. Tersedia: [www.cnnindonesia.com/ekonomi/20180803183316-85-319355/semester-i-2018-konsumsi-listrik-tumbuh-47-persen](http://www.cnnindonesia.com/ekonomi/20180803183316-85-319355/semester-i-2018-konsumsi-listrik-tumbuh-47-persen). (diakses 1 Februari 2019)

sendiri kapasitas terpasang pembangkit wilayah PLN Distribusi Jawa Timur diparuh pertama 2018 mencapai 9.000 MW, dengan kebutuhan beban puncak harian di Jatim sekitar 5.200 MW<sup>2</sup>. Berdasarkan data konsumsi listrik yang dikeluarkan oleh PLN dan kapasitas terpasang pembangkit wilayah Jatim pada paruh pertama 2018, PLN menargetkan penambahan jumlah pelanggan di tahun 2019 dengan penambahan daya tersambung diperkirakan mencapai 9.859.717 KiloVoltAmpere (KVA). Untuk target penambahan daya tersebut, regional Jawa bagian Timur, Bali dan Nusa Tenggara memiliki target penambahan daya tersambung sebesar 2.022.342 KVA<sup>3</sup>. Dalam salah satu perencanaannya, PLN membuat *demand forecast* untuk tahun 2018-2027 untuk regional Jawa-Bali nantinya akan mengalami kenaikan permintaan listrik sebesar 177 TWh – 301 TWh.

PLN memenuhi segala aspek kebutuhan listrik di Indonesia melalui anak perusahaannya yang terbagi di berbagai regional di Indonesia. Anak perusahaan PLN mengelola kebutuhan listrik sesuai STL yang ada di Indonesia melalui unit yang ada dalam PLN. Salah satu anak perusahaan PLN adalah PT Pembangkitan Jawa-Bali (PJB) yang merupakan bagian dari kelompok Pembangkitan. PT. PJB merupakan perusahaan pembangkitan yang menyediakan energi listrik. Berdasarkan STL yang diterapkan di Indonesia, pembangkitan adalah proses listrik dibangkitkan, dimana energi listrik yang dihasilkan berasal dari

---

<sup>2</sup> Redaksi. 2018. ***PLN Jatim Petakan Target 12% Pemakaian Listrik Tahun 2018***. Expostnews. [Online]. Tersedia: <http://expostnews.com/ekbis/energi/item/3246-pln-jatim-petakan-target-12-pemakaian-listrik-tahun-2018>. (diakses 6 Februari 2019)

<sup>3</sup> Utami, Suci Sedy. 2019. ***PLN Targetkan 3,8 Juta Pelanggan di 2019***. MetroTVNews.com. [Online]. Tersedia: <http://ekonomi.metrotvnews.com/energi/zNALanzK-pln-targetkan-penambahan-3-8-juta-pelanggan-di-2019>. (diakses 6 Februari 2019)

pengubahan energi. PT. PJB memiliki beberapa lini bisnis yaitu: unit pembangkitan, jasa operasi dan pemeliharaan, pendanaan investasi, *engineering, procurement & construction*, serta layanan suku cadang. Sejalan dengan strategi jangka panjang, memperkuat struktur perusahaan merupakan langkah strategis PT. PJB untuk terciptanya pertumbuhan usaha yang tinggi dan berkelanjutan.

Struktur perusahaan yang lebih kuat akan membawa energi baru bagi seluruh elemen di perusahaan sehingga PT. PJB siap menghadapi setiap tantangan bisnis yang semakin dinamis dan mampu memberikan nilai tambah yang lebih besar bagi *stakeholders* maupun *shareholders* [1]. Demi menghadapi tantangan bisnis yang semakin dinamis tersebut maka perusahaan dipandang masih perlu mencapai sasaran jangka panjang maupun pendek perusahaan. Dewan komisaris PT. PJB terus mengingatkan bahwa tantangan terbesar perusahaan adalah mempertahankan dan meningkatkan pencapaian KPI (*Key Performance Indikator*) perusahaan. KPI atau ukuran kinerja atau parameter *Performance* adalah suatu ukuran yang dibuat untuk mengukur tingkat keberhasilan atau kinerja fungsi, pekerjaan maupun kinerja perusahaan secara umum. Dalam penelitian ini, demi meningkatkan ukuran kinerja perusahaan, dilakukan analisis terhadap permintaan dan perencanaan kapasitas listrik perusahaan. Analisis terhadap permintaan dan perencanaan kapasitas listrik ini dilakukan dengan metode *System dynamics*.

*System dynamics* merupakan merupakan metodologi pemodelan sistem yang dikembangkan oleh Jay W. Forrester di MIT [2]. *System dynamics* merupakan gabungan interaksi berbagai elemen sistem dalam waktu dan menangkap aspek-aspek dengan memasukkan konsep-konsep salah satunya *stock*, arus, *feedback*, dan penundaan. Secara sederhana *System*

*dynamics* memberikan gambaran mengenai perilaku dinamis sistem dari waktu ke waktu dengan menguraikan perilaku sistem yang kompleks menjadi komponen penyusunan dan kemudian mengintegrasikannya ke dalam keseluruhan sistem yang dapat dengan mudah divisualisasikan dan disimulasikan. Dalam Tugas Akhir ini, penulis menggunakan model dinamik karena mampu menelusuri jalur waktu dari peubah-peubah model. Model dinamik lebih sulit dan mahal pembuatannya, namun memberikan kekuatan yang lebih tinggi pada analisis dunia nyata. Hal ini menguntungkan bagi analis karena dapat mempermudah pemahamannya tentang masalah, memperbaiki dan mengkomunikasikan hubungan antara struktur bisnis, strategi dan kinerja jangka pendek maupun jangka panjang. *System dynamics* memiliki sifat interaktif dari simulator membuat sebuah lingkungan yang menyenangkan untuk mendapatkan dinamika bisnis dalam kondisi yang bervariasi. Kondisi bisnis yang bervariasi ini merupakan hasil dari model sistem yang dikembangkan menjadi skenario model. Pada penelitian ini, model skenario dikembangkan dari model sistem yang telah terkonsep yang tujuannya adalah menganalisa permintaan dan perencanaan kapasitas listrik perusahaan. Analisis dilakukan berdasarkan konseptualisasi model sistem yang telah dibuat melalui *causal loop diagram* dan *stock flow diagram*, nantinya model sistem akan disimulasi dan divalidasi. Setelah hasil validasi sesuai dengan sistem nyata, maka model dapat dikembangkan menjadi model skenario. Dengan menganalisa permintaan dan perencanaan kapasitas, serta model skenario yang telah dibuat, diharapkan penulis dapat menentukan model skenario yang telah dikembangkan dapat mengukur dan meningkatkan pencapaian kinerja perusahaan.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah disajikan, rumusan masalah yang dapat diambil pada Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana perencanaan kapasitas untuk memenuhi kebutuhan energi listrik di Jawa Timur?
2. Bagaimana proyeksi permintaan dan perencanaan kapasitas listrik dari PT.PJB dengan menggunakan *System Dynamics*?
3. Bagaimana hasil analisis permintaan dan perencanaan kapasitas dengan menggunakan *System Dynamics*?
4. Bagaimana meningkatkan rasio pemenuhan kebutuhan listrik di Jawa Timur?

## 1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah yang digunakan dalam Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Metodologi yang digunakan dalam penelitian ini adalah *System Dynamics*, digunakan untuk mensimulasikan sistem dalam permintaan dan perencanaan kapasitas energi listrik.
2. Data yang digunakan adalah data milik PT. PJB (Pembangkitan Jawa-Bali).
3. Data yang digunakan merupakan data wilayah distribusi Jawa Timur.

## 1.4 Tujuan Tugas Akhir

Adapun tujuan yang ingin dicapai dalam Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Identifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi pemenuhan kebutuhan energi listrik berdasarkan sistem yang telah dibuat.
2. Membuat model sistem permintaan dan perencanaan kapasitas energi listrik dari PT. PJB dengan menggunakan *System Dynamics*.
3. Menganalisis permintaan dan perencanaan kapasitas energi listrik dengan menggunakan *System Dynamics*.
4. Mendapatkan skenario model pemenuhan kebutuhan listrik wilayah Jawa Timur.

### **1.5 Manfaat**

Manfaat dari Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Dalam bidang akademik, diharapkan penelitian ini dapat menghasilkan model yang menggambarkan sistem permintaan dan perencanaan kapasitas listrik melalui pengimplementasian metode *System Dynamics*.
2. Penelitian dengan menggunakan metode *System Dynamics* dapat dikembangkan oleh peneliti lainnya.
3. Hasil dari penelitian ini diharapkan menjadi sebuah referensi penting perusahaan terkait studi kasus.

### **1.6 Sistematika Penulisan**

Adapun sistematika penulisan pada laporan Tugas Akhir ini disusun dalam beberapa bab yaitu sebagai berikut:

#### **1. BAB I PENDAHULUAN**

Pada bab ini, dibahas mengenai latar belakang adanya penelitian ini. Selanjutnya, disebutkan rumusan masalah berdasarkan latar belakang yang telah dibahas beserta batasan – batasan masalah yang ada. Selain itu, disebutkan

juga tujuan dan manfaat dengan adanya penelitian ini serta sistematika penulisannya.

## 2. BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini, dibahas mengenai penelitian - penelitian yang telah dilakukan oleh peneliti terdahulu. Penelitian - penelitian tersebut akan menjadi acuan pada penelitian ini. Selain itu, dibahas juga mengenai teori – teori penunjang yang akan digunakan dalam penelitian ini

## 3. BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini dijelaskan mengenai tahapan - tahapan dalam pengerjaan penelitian secara rinci dan sistematis. Tahapan - tahapan tersebut juga disajikan dalam bentuk diagram alir.

## 4. BAB IV PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI SISTEM

Pada bab ini dijelaskan perancangan dan implementasi sistem dimulai dari proses penguraian kata kunci masukan hingga proses pengambilan data untuk mendapatkan data keluaran yang sesuai serta dilanjutkan dengan implementasi sistem.

## 5. BAB V UJI COBA DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini membahas tentang hasil uji coba program dari beberapa kata kunci masukan. Kemudian dicatat sebagai bahan untuk merumuskan kesimpulan dan saran dari Tugas Akhir ini.

## 6. BAB VI PENUTUP

Pada bab ini berisi kesimpulan yang diperoleh dari pembahasan pada bab sebelumnya serta saran untuk pengembangan penelitian selanjutnya.

## 7. DAFTAR PUSTAKA

## 8. LAMPIRAN



## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

Pada bab ini menjelaskan mengenai studi sebelumnya yang berkaitan dengan penelitian Tugas Akhir, serta berbagai referensi terkait teori - teori penunjang dalam melakukan penelitian Tugas Akhir ini. Berisi teori - teori yang menjelaskan mengenai *System Dynamics* dan model sistem permintaan dan perencanaan kapasitas energi listrik.

#### **2.1 Penelitian Terdahulu**

Penelitian terkait *system dynamics* sudah di aplikasikan oleh beberapa peneliti. J Sulistio, A Wirabhuana, M G Wiratama dalam penelitiannya pada tahun 2017 yang berjudul “*Indonesia’s Electricity Demand Dynamic Modelling*” bertujuan untuk mengembangkan model *system dynamics* dari permintaan listrik Indonesia terintegrasi dengan perilaku sistem nyata yang spesifik. Pada penelitian ini, dikembangkan dinamika sistem listrik pada kedua permintaan dan sisi penawaran di Jawa Timur. Model yang telah dibuat menunjukkan bahwa Jawa Timur akan menghadapi krisis energi pada tahun 2025. Pemodelan sistem dalam penelitian ini menghasilkan desain percobaan (pesimistis, optimistis, dan kemungkinan besar) yang konsisten. Dalam penelitian ini disimpulkan bahwa tidak ada rencana daya yang memasok Jawa Timur yang memadai untuk memenuhi kebutuhan listrik di masa depan permintaan di Jawa Timur [3].

Penelitian terkait aplikasi model *system dynamics* untuk perencanaan pembangkit listrik tenaga air dalam rangka memenuhi kebutuhan *supply* dan *demand* energi listrik, yang dilakukan oleh Addin Aditya dan Erma Suryani pada tahun 2018. Penelitian ini dilakukan dengan studi kasus adalah Pulau Madura. Pada penelitian ini *system dynamics* digunakan untuk

menganalisa aspek teknis dan aspek ekonomis dari perencanaan PLTA. Diketahui bahwa pendekatan *system dynamics* merupakan bagian dari *system thinking* yang dapat diartikan dengan cara memandang masalah sebagai sebuah sistem menyeluruh dan adanya keterkaitan terhadap masing-masing unsur sistem. Berdasarkan pengolahan data dan pemodelan skenario yang dilakukan pada penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa perencanaan PLTA sangat diperlukan dalam rangka menjaga keberlanjutan *supply* dan *demand* di kepulauan khususnya Madura [4].

Erma Suryani pada tahun 2005 dalam penelitiannya yang berjudul “Perancangan Skenario Kebijakan Perencanaan Kapasitas Terpasang Pada Industri Semen Dengan Berbasis Model Sistem Dinamik” Pada penelitian ini *system dynamics* digunakan untuk mendapatkan penghampiran permasalahan secara menyeluruh sedemikian hingga diperoleh beberapa skenario kebijakan yang dapat memberikan beberapa alternatif kebijakan yang dapat membantu pembuat keputusan dalam merencanakan produksi berdasarkan kebutuhan dan perencanaan kapasitas terpasang. Analisis dan interpretasi hasil simulasi dari penelitian ini menghasilkan beberapa kesimpulan yang salah satunya adalah peningkatan kapasitas terpasang tidak diimbangi dengan peningkatan kebutuhan domestik yang berarti, sehingga jika diproduksi sesuai dengan kapasitas terpasang, maka akan terdapat kelebihan produksi semen yang akhir-akhir ini mencapai belasan juta ton [5]

## **2.2 Demand Electricity and Capacity Planning**

Kapasitas (*capacity*) adalah hasil produksi (*throughput*), atau jumlah unit yang dapat ditahan, diterima, disimpan, atau diproduksi oleh sebuah fasilitas dalam suatu periode waktu tertentu. Kapasitas mempengaruhi sebagian besar biaya tetap.

Kapasitas juga menentukan apakah permintaan dapat dipenuhi, atau apakah fasilitas yang ada akan berlebih. Jika fasilitas terlalu besar, sebagian fasilitas akan menganggur dan akan terdapat biaya tambahan yang dibebankan pada produk yang ada atau pelanggan. Perencanaan kapasitas adalah proses untuk memutuskan kebutuhan kapasitas produksi oleh perusahaan untuk mempertemukan perubahan permintaan setiap produk.

Permintaan atau bisa disebut *demand* adalah keinginan yang disertai dengan kemampuan untuk membeli barang dan jasa pada tingkat harga dan waktu tertentu. Ada tiga hal penting dengan konsep permintaan ini. Pertama, kuantitas yang diminta merupakan kuantitas yang diinginkan. Hal ini menunjukkan berapa banyak yang ingin dibeli konsumen berdasarkan harga barang tersebut, harga barang lain, pendapatan dan selera. Kedua, keinginan konsumen tersebut disertai oleh kemampuan serta kesediaan untuk membeli. Jadi, merupakan permintaan efektif. Ketiga, kuantitas yang diminta dalam satuan waktu [6].

### **2.3 Kebutuhan Listrik di Jawa Timur**

Tercatat bahwa pada tahun 2017, konsumsi energi listrik masyarakat Jawa Timur mengalami kenaikan sekitar 15,2 persen. Konsumsi listrik ini mencapai 25.165 GigaWatt-hour (GWh), dibanding dengan periode yang sama pada tahun 2016 yang mencapai 24.432 GWh<sup>4</sup>. Pada tahun sebelumnya, kenaikan konsumsi energi listrik tidak begitu signifikan, hal ini karena ekonomi nasional yang melambat. Berdasarkan data yang terdapat pada Laporan Statistik PLN 2017, pelanggan terbesar

---

<sup>4</sup> Amanda, Gita. 2017. *Konsumsi Listrik Masyarakat Jatim naik 15,2 Persen*. Republika.co.id. [Online]. Tersedia: [https://www.republika.co.id/berita/nasional/daerah/17/10/27/oygprw4\\_23-konsumsi-listrik-masyarakat-jatim-naik-152-persen](https://www.republika.co.id/berita/nasional/daerah/17/10/27/oygprw4_23-konsumsi-listrik-masyarakat-jatim-naik-152-persen). (diakses 17 Juni 2019)

PLN Distribusi Jawa Timur adalah rumah tangga yang mencapai 9.994.368 pelanggan atau sekitar 91 persen dari total pelanggan, kemudian pelanggan industri yang mencapai 23.726 pelanggan atau satu persen dari total pelanggan, kemudian pelanggan bisnis yang mencapai 626.209 pelanggan atau enam persen dari total pelanggan, pelanggan sosial mencapai 287.422 pelanggan atau tiga persen dari total pelanggan, dan pelanggan pemerintah yang mencapai 42.335 pelanggan atau sekitar satu persen dari total pelanggan, serta sisanya pelanggan pemerintah yang mencapai 18.783 pelanggan [7].

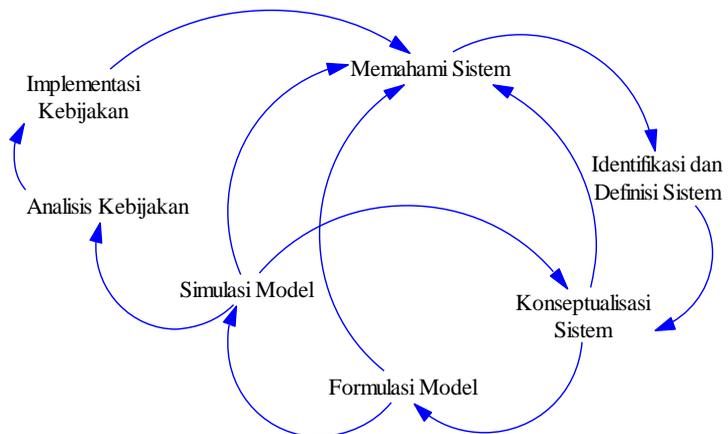
#### **2.4 Supply Listrik di Jawa Timur**

Kapasitas pembangkit Sistem Jawa-Bali mengalami peningkatan pada tahun 2017 menjadi sebesar 36.517 MW dibandingkan dengan tahun 2016 sebesar 36.064 MW. Kapasitas pembangkit yang dimiliki Dist. Jawa Timur sendiri sebesar 49,76 MW dan PT. PJB sebesar 7.021,44 MW dari kapasitas terpasang sistem Jawa-Bali. Dengan kapasitas terpasang yang dimiliki oleh Dist. Jawa Timur dan PT. PJB, energi yang dapat dihasilkan masing-masing pembangkit adalah sebesar 57,32 GigaWatt-hour (GWh) untuk Dist. Jawa Timur dan 24.507,18 GWh untuk PT. PJB. Pada periode tahun 2018-2027 kebutuhan listrik nasional diperkirakan akan meningkat dari 239,27 TWh pada tahun 2018 menjadi 433,85 TWh pada tahun 2027 [1]. Hingga pada tahun 2027, rencana penambahan pembangkit total sebanyak 56.024 MW untuk dapat memenuhi kebutuhan energi listrik nasional. Sejalan dengan hal itu, kebutuhan energi listrik di Jawa Timur yang akan meningkat dapat terpenuhi.

#### **2.5 System Dynamics**

*System dynamics* merupakan metodologi pemodelan sistem yang dikembangkan oleh Jay W. Forrester di MIT [2]. Prinsip utama dari metode ini adalah umpan balik (close loop thinking) yang berupa pengiriman dan pengembalian informasi. *System dynamics* didasarkan pada teori kontrol dan teori modern tentang dinamika nonlinier. Penggunaan metodologi *system dynamics*

lebih ditekankan kepada tujuan-tujuan peningkatan pengertian tentang bagaimana tingkah laku sistem muncul dari strukturnya. *System dynamics* juga dirancang untuk menjadi alat praktis yang dapat digunakan oleh pembuat kebijakan untuk membantu mereka memecahkan masalah mendesak yang dihadapi dalam sebuah organisasi. Dalam pembentukannya hal-hal terkait penentuan variabel kunci, rencana waktu untuk mempertimbangkan masa depan yang jadi pertimbangan serta seberapa jauh kejadian masa lalu untuk mempertimbangkan masa depan yang jadi pertimbangan serta seberapa jauh kejadian masa lalu dari akar masalah tersebut dan selanjutnya mendefinisikan masalah dinamisnya merupakan bagian dari konseptualisasi sistem.



**Gambar 2. 1 Tahapan Pengembangan *system dynamics***

Berdasarkan Gambar 2.1 metodologi pendekatan *system dynamics* untuk memahami perilaku sistem memiliki 6 tahapan pengembangan model yaitu [5]:

### 1. Identifikasi dan definisi masalah

Pada tahap ini, dilakukan beberapa aktivitas diantaranya mengetahui dan mendefinisikan permasalahan yang akan dikaji, sehingga akan diperoleh inti masalah yang akan menjadi rujukan ketika menguji kebijakan dalam menyelesaikan masalah. Setelah permasalahan diidentifikasi, variabel-variabel yang signifikan dalam model akan ditentukan, dan pola referensi akan didefinisikan.

### 2. Konseptualisasi sistem

Tahap kedua dalam pembuatan model adalah menyusun unsur-unsur yang dianggap berpengaruh di dalam sistem. Pada tahap ini, tercakup langkah-langkah untuk mengenali sistem (*system identification*), antara lain: penentuan batas sistem (*system boundary*), struktur umpan-balik (*feedback structure*), struktur informasi (*information structure*), rancangan untuk menguji validitas model (*experiment design for validity*), dan rancangan untuk melakukan eksplorasi kebijakan (*experiment design for policy exploration*).

### 3. Formulasi Model

Tahap ini bertujuan untuk merumuskan hubungan antar komponen-komponen model. Dengan adanya perumusan model akan memungkinkan model tersebut disimulasikan untuk menentukan perilaku dinamis yang diakibatkan oleh asumsi-asumsi dari model.

### 4. Simulasi dan validasi model

Dalam tahap ini, simulasi model dilakukan untuk memahami gejala atau proses sistem, membuat analisa dan peramalan perilaku gejala atau proses tersebut di masa depan. Tujuan yang utama dari tahap ini adalah untuk memperoleh suatu

model yang sesuai dengan sistem yang sebenarnya, sesuai dengan tujuan-tujuan yang ingin dicapai, dan dapat dimengerti dengan baik. Suatu model secara struktur dapat dikatakan valid, jika model tidak hanya dapat membuat reproduksi perilaku sistem, akan tetapi juga dapat mengungkapkan bagaimana sistem bekerja menghasilkan perilaku tersebut.

#### 5. Analisa dan perbaikan kebijakan

Pada fase proses pemodelan ini, model yang dapat digunakan untuk menguji berbagai alternatif kebijakan yang mungkin bisa diterapkan dalam sistem yang tengah dikaji. Lebih jauh lagi, analisis mungkin bisa menyelidiki kemungkinan dampak dari berbagai kebijakan yang dipilih. Selain dapat menganalisis dampak dari kebijakan yang dipilih, analisis terhadap model dapat dilakukan. Variabel-variabel yang saling mempengaruhi pun dapat dianalisis nilainya secara kuantitatif dan kualitatif. Setiap variabel yang ada dapat dinilai bobot pengaruhnya satu sama lain. Hal memungkinkan pemodel mendapatkan banyak kemungkinan yang terdapat dalam sistem yang telah dibangun.

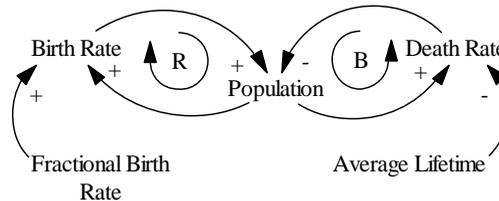
#### 6. Implementasi Kebijakan

Luaran yang diharapkan dari proses pemodelan adalah menerapkan pandangan yang ada pada model terhadap problem di dunia nyata. Yang diharapkan dari proses pemodelan itu adalah, orang bisa melakukan aktivitasnya dengan baik di masa yang akan datang.

Dalam membangun model *system dynamics*, terdapat dua alat yang dapat digunakan, *causal loop diagram* (CLD) dan *stock and flow diagram* (SFD).

## 2.6 Causal Loop Diagram

*Causal loop diagram (CLD)* adalah alat penting yang digunakan untuk mewakili umpan balik struktur sistem [2]. Diagram kausatik terdiri dari variabel yang dihubungkan oleh panah yang menunjukkan pengaruh kausal antar variabel. Dalam diagram kausatik loop untuk menunjukkan umpan balik penting juga diidentifikasi. Setiap hubungan sebab akibat diberi polaritas, baik positif (+) atau negatif (-) untuk menunjukkan bagaimana variabel dependen berubah ketika variabel independen berubah. Loop yang digambarkan adalah hal yang penting disorot oleh pengidentifikasi lingkaran yang menunjukkan apakah loop adalah umpan balik positif (penguatan) atau negatif (menyeimbangkan) [2].

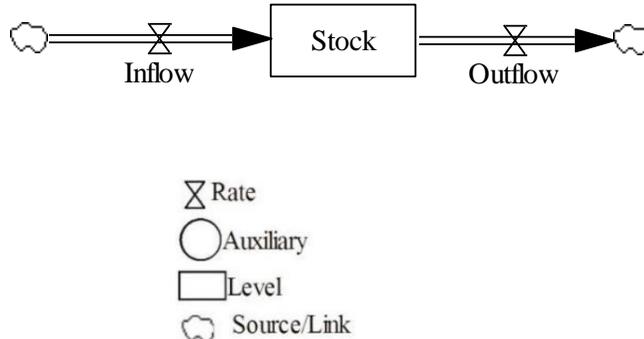


**Gambar 2. 2 Loop pada Causal Loop Diagram**

Dari Gambar 2.2 dapat dilihat, berdasarkan aliran polaritas Populasi akan meningkat nilainya karena angka Birth Rate dan akan menurun akibat meningkatnya nilai Death Rate. Dan Fractional Birth Rate yang akan meningkatkan jumlah Birth Rate, sedangkan Average Lifetime yang semakin meningkat akan mengurangi peningkatan Death Rate. Loop yang memiliki polaritas searah disebut dengan *Reinforcing Loop* sedangkan loop dengan polaritas saling menyeimbangkan adalah *Balancing Loop*. Keterkaitan antar variabel-variabel sistem akan terlihat jelas dalam *causal loop diagram*.

## 2.7 Stock and Flow Diagram

*Stock (Level)* dan *Flow (Rate)* digunakan dalam merepresentasikan aktivitas pada suatu lingkaran umpan-balik. Diagram ini menggunakan dua jenis variabel yang disebut sebagai *stock (level)* dan *flow (rate)*. *Level* menyatakan kondisi sistem pada setiap saat. Dalam rekayasa (*engineering*) level sistem lebih dikenal sebagai *state variable system* [2]. *Level* merupakan akumulasi di dalam sistem. *Stock and flow diagram* atau diagram alir ini merupakan penjabaran lebih rinci dari sistem yang sebelumnya yang ditunjukkan oleh *causal loop diagram* karena pada diagram ini memperhatikan pengaruh waktu terhadap keterkaitan antar variabel, sehingga nantinya setiap variabel mampu menunjukkan hasil akumulasi untuk variabel level, dan variabel yang merupakan laju aktivitas sistem tiap periode waktu disebut dengan rate.



**Gambar 2. 3 Diagram stock and flow**

## 2.8 Verifikasi dan Validasi

Verifikasi model dilakukan dengan pengecekan secara dimensional (satuan ukuran) terhadap variabel-variabel model meliputi level, rate, dan konstanta terhadap data sekunder, mengetahui ketepatan penggunaan metode integrasi dan time

step yang dipilih, serta meminta stakeholder untuk mengevaluasi model yang dibuat. Sedangkan validasi model dilakukan sesuai dengan tujuan pemodelan yaitu dengan membandingkan perilaku dinamis model dengan kondisi sistem nyata. Hal ini untuk memastikan bahwa model yang dibangun pada penelitian ini valid dan mampu mencerminkan sistem sesungguhnya sehingga skenario model dan solusi yang ditawarkan pada akhir penelitian menjadi tepat sasaran [6].

Pada *System dynamics*, validasi model dapat dilakukan dengan menggunakan uji perbandingan rata-rata (*mean comparison*) dan uji perbandingan amplitudo (*% error variance*).

- Perbandingan Rata-Rata (*Mean Comparasion*)

$$E_1 = \frac{|\bar{S} - \bar{A}|}{\bar{A}} \times 100\% \quad (1)$$

dimana:

$\bar{S}$  = Nilai Rata-Rata Hasil Simulasi

$\bar{A}$  = Nilai Rata-Rata Data

Model dianggap valid apabila  $E_1 \leq 5\%$

- Perbandingan Variasi Amplitudo (*% Error Variance*)

$$E_2 = \frac{|S_s - S_a|}{S_a} \times 100\% \quad (2)$$

dimana:

$S_s$  = Standard Deviasi Model

$S_a$  = Standard Deviasi Data

Model dianggap valid apabila  $E_2 \leq 30\%$

## **BAB III**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

Pada bab ini dijelaskan mengenai metodologi yang digunakan untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini. Metodologi penelitian yang digunakan berfungsi sebagai panduan agar tahapan pengerjaan Tugas akhir ini dapat berjalan terarah dan sistematis.

#### **3.1 Metode Penelitian**

Pada Tugas Akhir ini penulis melakukan penelitian berdasarkan langkah – langkah sebagai berikut :

a. Studi Literatur

Pada tahap ini dilakukan pemahaman teori-teori yang mendukung penelitian maupun informasi lain yang menunjang penelitian melalui studi-studi yang pernah dilakukan sebelumnya terkait simulasi *system dynamics* dan sistem permintaan dan kapasitas perencanaan energi listrik. Sehingga mendapat data yang teoritis dari sumber yang layak dan dapat dipercaya sebagai dasar pertimbangan pembahasan penelitian ini.

b. Pengumpulan Data

Pada tahap ini dilakukan pengumpulan data terkait dengan permasalahan yang dibahas. Demi memenuhi tujuan untuk menyelesaikan penelitian Tugas Akhir ini data yang akan dikumpulkan adalah data variabel yang dibutuhkan dalam melakukan pemodelan dan juga data terkait permintaan dan perencanaan kapasitas. Data yang terkumpul seperti data produksi energi listrik, daya mampu netto, permintaan energi listrik dan lain sebagainya. Data-data yang memenuhi variabel yang terdapat dalam model didapatkan melalui berbagai sumber

diantaranya RUPTL (Rencana Usaha Penyediaan tenaga Listrik) PT. PLN (Persero), Statistik Ketenagalistrikan, Annual Report PT. PJB.

c. Konseptualisasi sistem dan Simulasi

Tahap ini merupakan proses dimana akan dibuat replikasi dari sistem nyata permintaan dan perencanaan kapasitas. Untuk menganalisa sistem permintaan dan perencanaan kapasitas dibuat model simulasi sesuai dengan permasalahan guna mempermudah dan mempercepat keluaran yaitu sebagai arah kebijakan dalam pengambilan keputusan. Pada tahap ini terdapat beberapa sub bagian proses, yaitu sebagai berikut:

d. Konseptualisasi Sistem

Pada tahap ini, sebelum melakukan pemodelan dan simulasi terhadap sistem, terlebih dahulu dilakukan pendefinisian terhadap sistem. Hal ini dilakukan guna mengidentifikasi variabel-variabel apa saja yang berpengaruh di dalam sistem tersebut dan mengetahui batasan-batasan dari sistem.

e. Pembuatan Causal Loop Diagram

Dalam menggambarkan keterkaitan antar variabel sistem dibuatlah *causal loop diagram* atau diagram kausatik. Pembuatan diagram kausatik ini bertujuan untuk memahami hubungan sebab akibat antara variabel-variabel sistem yang sebelumnya telah diidentifikasi. Setelah diagram kausatik dibentuk akan dilakukan pengecekan, apakah model konseptual ini cocok dengan model simulasi yang sesuai dengan keadaan nyata atau tidak. Apabila model kausatik yang telah dibuat belum sesuai maka akan dilakukan lagi studi literatur dan juga observasi.

f. Formulasi Model

Dalam membangun *system dynamics*, perlu dilakukan formulasi model yang nantinya akan digunakan untuk verifikasi model. Dalam membuat formulasi model, semua komponen yang mempengaruhi model, yang termuat dalam *causal loop diagram* harus saling terkait. Formulasi model akan dirumuskan dalam bentuk matematis, tujuannya agar penulis mendapatkan hasil prediksi yang realistis dari formulasi model tersebut. Formulasi model yang telah dibentuk selanjutnya akan dimasukkan ke dalam *stock flow diagram* sebagai bentuk simulasi model. Dimana akan dihasilkan nilai dari setiap komponen berdasarkan data yang telah dikumpulkan dengan memasukkan formula yang sesuai. Penulisan persamaan akan mengungkapkan kesenjangan dan ketidakkonsistenan itu harus diperbaiki dalam uraian sebelumnya. Dasar struktur model dinamika sistem formal adalah sistem digabungkan, nonlinier, diferensial orde pertama (atau integral) persamaan seperti yang digambarkan dalam persamaan [8].

g. Pembuatan Stock and Flow Diagram

Untuk mengetahui apakah model yang telah digambarkan dalam *causal loop diagram* merupakan model yang sesuai kondisi nyata sistem, selanjutnya dilakukan verifikasi model. Verifikasi model dilakukan melalui *stock flow diagram* yang didalamnya terdapat formula model. Apabila dalam pembuatan *stock flow diagram* diagram alir tidak sesuai dengan *causal loop diagram*, maka saat dilakukan simulasi hasilnya tidak dapat dibandingkan dengan data yang ada.

h. Verifikasi dan Validasi

Setelah *stock and flow diagram* dibuat, dilakukan tahap verifikasi untuk memastikan model telah dibuat dengan benar

dan proses validasi untuk memastikan model yang telah dibuat menyerupai sistem nyata. Validasi bertujuan untuk mengetahui kesesuaian antara hasil simulasi dengan gejala atau proses yang ditirukan. Model dapat dinyatakan baik jika kesalahan atau simpangan hasil terhadap gejala atau proses yang terjadi di dunia nyata relatif kecil ( $\leq 30\%$ ). Hasil simulasi yang sudah divalidasi tersebut digunakan untuk memahami perilaku gejala atau proses serta kecenderungan di masa depan, yang dapat dijadikan sebagai dasar bagi pengambil keputusan untuk merumuskan suatu kebijakan di masa mendatang.

Suatu model dikatakan valid jika struktur dasarnya dan polanya dapat menggambarkan perilaku sistem nyata, atau dapat mewakili dengan cukup akurat, data yang dikumpulkan sehubungan dengan sistem nyata atau asumsi yang dibuat berdasarkan referensi sesuai sistem nyata bekerja.

i. Pembuatan Skenario

Pada tahap ini, jika model telah dinyatakan valid, dan terverifikasi dan simulasi telah dilakukan, maka selanjutnya dilakukan pembuatan skenario yang tujuannya untuk mengetahui kinerja sistem dalam berbagai kondisi sesuai dengan yang diinginkan. Skenario model yang akan dilakukan pada simulasi ini bertujuan untuk menganalisis pemenuhan kebutuhan listrik Jawa Timur. Skenario terbaik yang diharapkan adalah kebutuhan listrik Jawa Timur terpenuhi dengan optimal.

j. Analisis Hasil

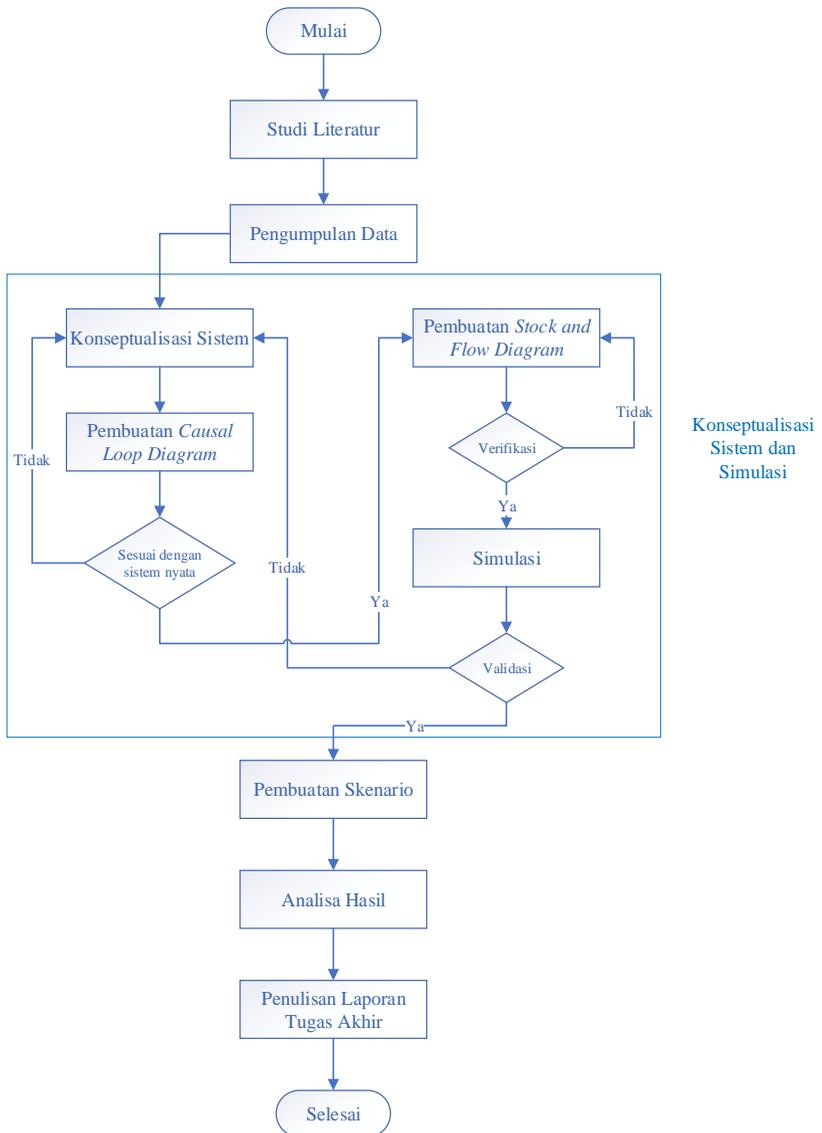
Pada tahap ini akan dilakukan analisa hasil simulasi yang telah dilakukan, serta meneliti kembali kemungkinan adanya kesalahan dalam kegiatan simulasi yang dilakukan. Simulasi dilakukan dengan menggunakan software Vensim yang mendukung untuk simulasi *system dynamics*.

k. **Pembuatan Laporan Tugas Akhir**

Bagian terakhir dalam Tugas Akhir ini adalah membuat laporan Tugas Akhir ini, dimana seluruh tahapan atau proses yang sudah dilakukan didokumentasikan.

### **3.2 Diagram Alir Penelitian**

Langkah – langkah penelitian pada Tugas Akhir disajikan dalam diagram alir pada Gambar 3.1.



**Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian**

## **BAB IV**

### **PERANCANGAN SISTEM DAN SIMULASI**

Pada bab ini dibahas mengenai proses perancangan sistem yang nantinya akan didapatkan suatu model sistem yang sesuai dan dapat menggambarkan sistem nyata sesuai dengan tujuan penelitian Tugas Akhir ini.

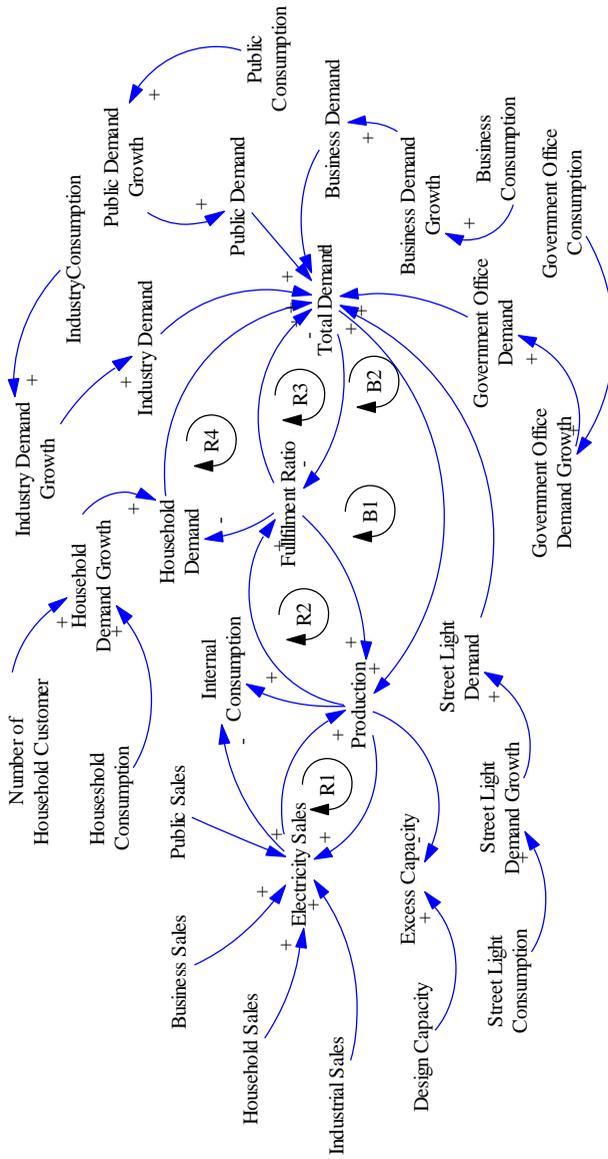
#### **4.1 Deskripsi Data**

Pada Tugas Akhir ini, data yang digunakan adalah data dari PT. PJB dan PT. PLN. Data yang didapatkan bersumber dari Laporan Tahunan PT. PJB dan Laporan Statistik Tahunan PT. PLN. Data yang digunakan dapat dilihat pada lampiran

Pada Tugas Akhir ini, data yang didapatkan akan diolah dan disesuaikan dengan kebutuhan sistem. Pengolahan data dilakukan dengan tujuan identifikasi variabel-variabel yang mempengaruhi sistem dan merumuskan hubungan antar masing-masing variabel yang saling mempengaruhi dalam model sistem. Hubungan yang dirumuskan akan menjadi acuan untuk membuat model sistem sehingga dapat digambarkan dalam *causal loop diagram* dan *stock and flow*.

#### **4.2 Model Causal Loop Diagram**

Pada tahap awal pembuatan simulasi *system dynamics* adalah merumuskan model sesuai dengan kondisi eksisting sistem permintaan dan perencanaan kapasitas energi listrik. Pembuatan *causal loop diagram* dilakukan berdasarkan hasil identifikasi dan hubungan variabel-variabel yang saling berpengaruh terhadap sistem. *Causal loop diagram* dari sistem pada Tugas akhir ini dapat dilihat pada Gambar 4.1. Berdasarkan Gambar 4.1 deskripsi dari variabel-variabel yang mempengaruhi sistem terdapat pada Lampiran 1.



Gambar 4. 1 Causal Loop Diagram Sistem

Pada Gambar 4.1 variabel-variabel yang telah didapatkan dihubungkan satu sama lain diberi polaritas sesuai pengaruh dan loop model. terdapat *Production* yang memiliki polaritas positif pada *Fullfilment Ratio* dan *Demand* yang memiliki polaritas negatif terhadap *Fullfilment Ratio*, hal ini diakibatkan karena semakin tinggi tingkat produksi maka tingkat pemenuhan energi listrik semakin tinggi, sedangkan semakin tinggi tingkat permintaannya maka pemenuhan energi listrik memiliki kemungkinan untuk menurun maupun meningkat sesuai dengan tingkat produksi. *Production* merupakan hasil data yang diperoleh dari PT. PJB, dimana faktor yang mempengaruhi produksi adalah penjualan energi listrik. Penjualan energi listrik pada PT. PJB terbagi berdasarkan jumlah pembangkit yang dimiliki oleh PT. PJB dan juga per sektor pelanggan. Selain itu lini pembangkitan juga menjadi faktor yang mempengaruhi produksi energi listrik. *Excess Capacity* merupakan faktor yang dipengaruhi oleh *Production* dan *Design Capacity*, hal ini karena produksi energi listrik yang dilakukan dalam periode tertentu tidak dilakukan sedemikian hingga daya puncak, akan tetapi setinggi daya mampu. Hal ini menyebabkan adanya kelebihan energi listrik yang ada di PT. PJB.

Tidak semua energi listrik yang diproduksi oleh PT. PJB didistribusikan oleh PT. PLN kepada pelanggan. PT. PJB juga menggunakannya untuk konsumsi internal. Listrik yang didistribusikan oleh PT. PLN dari PT. PJB diperuntukkan regional Jawa-Bali. PT. PLN sendiri mengklasifikasikan pendistribusian energi listrik berdasarkan sektor pelanggan maupun tingginya tegangan. Dalam sistem ini, data yang diambil adalah data permintaan dan konsumsi energi listrik per kelompok pelanggan, sehingga variabel yang dimasukkan dalam model adalah variabel permintaan per sektor pelanggan yaitu,

*Household Demand*, *Industry Demand*, *Business Demand*, *Social Demand*, *Government Office Demand* dan *Street Light Demand*.

Dari masing-masing sektor pelanggan yang menjadi variabel sektor *Demand*, terdapat variabel yang mempengaruhi yaitu konsumsi energi listrik dari masing-masing sektor pelanggan. Dari variabel-variabel yang mempengaruhi setiap sektor pelanggan, terdapat perbedaan pada pelanggan rumah tangga. Berdasarkan hasil identifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi sistem model, sektor pelanggan rumah tangga tidak hanya dipengaruhi oleh konsumsi energi listrik, tetapi juga jumlah rumah tangga yang menjadi pelanggan. Hal ini dikarenakan variabel permintaan rumah tangga menjadi salah satu parameter terpenuhinya pemerataan energi listrik nasional.

### **4.3 Pemodelan Sistem**

Pada tahap pemodelan sistem ini akan dirumuskan diagram *stock and flow* dari sistem yang telah dibuat.

#### **4.3.1 Submodel Produksi**

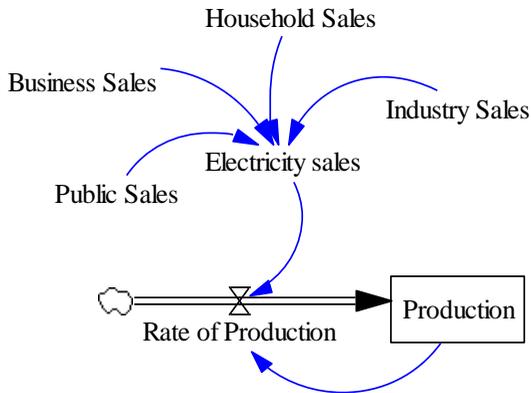
Pada submodel produksi, variabel yang mempengaruhi pertumbuhan produksi energi listrik adalah penjualan. Penjualan energi listrik oleh PT. PJB juga dipengaruhi oleh penjualan listrik yang terbagi dalam empat sektor pelanggan, yaitu rumah tangga, industri, public dan bisnis. Hal ini menjadi acuan dibentuknya Gambar 4.2 yang didalamnya terdapat inflow dari *Production* yaitu *rate of Production* yang dipengaruhi oleh *Electricity Sales*.

**Tabel 4. 1 Tabel Variabel Submodel Produksi**

Variabel	Keterangan
<i>Production</i> (GWh)	Variabel yang menyatakan jumlah energi listrik yang dihasilkan oleh PT. PJB setiap tahunnya
<i>Electricity Sales</i> (GWh)	Variabel yang menyatakan jumlah energi listrik PT. PJB yang terjual setiap tahunnya
Household Sales (GWh)	Variabel yang menyatakan jumlah energi listrik PT. PJB yang terjual pelanggan rumah tangga setiap tahunnya
Business Sales (GWh)	Variabel yang menyatakan jumlah energi listrik PT. PJB yang terjual pelanggan bisnis setiap tahunnya
Public Sales (GWh)	Variabel yang menyatakan jumlah energi listrik PT. PJB yang terjual pelanggan publik setiap tahunnya
Industry Sales (GWh)	Variabel yang menyatakan jumlah energi listrik PT. PJB yang terjual pelanggan industri setiap tahunnya

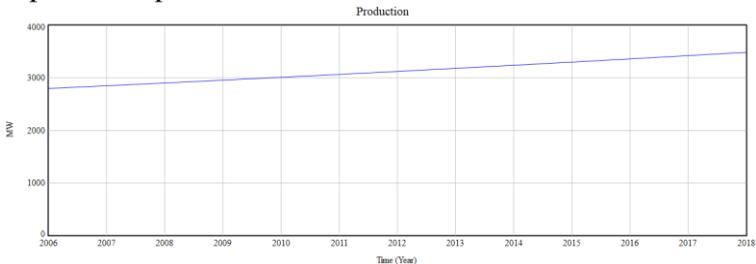
Apabila penjualan energi listrik mengalami peningkatan, maka produksi energi listrik akan meningkat. Persamaan untuk merepresentasikan produksi energi listrik sesuai Gambar 4.2 adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 & \textit{Production} (MW) \\
 & = \textit{INTEG}(\textit{Rate of production} \\
 & \quad - \textit{Production}.2797.6)
 \end{aligned}$$



**Gambar 4. 2 Stock and Flow Diagram Submodel Produksi**

Berdasarkan submodel yang telah dibuat, hasil simulasi dapat dilihat pada Gambar 4.3



**Gambar 4. 3 Grafik Hasil Simulasi Submodel Produksi**

Berdasarkan hasil simulasi submodel produksi, pada tahun awal dimulainya simulasi yaitu tahun 2006, telah diproduksi sebesar 24.506,98 GWh. Jumlah produksi ini hingga tahun berakhirnya simulasi meningkat sebesar 27.133,92 GWh. Jumlah ini dinilai memiliki rata-rata pertumbuhan produksi sebanyak 1,7 persen.

#### **4.3.2 Submodel Demand**

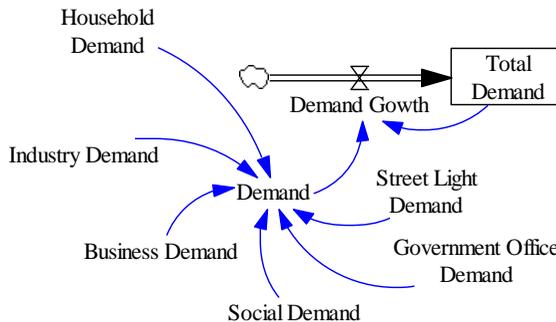
Pada submodel *demand*, variabel yang mempengaruhi pertumbuhan *demand* energi listrik adalah *demand* energi listrik per sector pelanggan.

**Tabel 4. 2 Tabel Variabel Submodel *Demand***

Variabel	Keterangan
Total <i>Demand</i> (GWh)	Variabel yang menyatakan total permintaan energi listrik PT. PLN Dist. Jawa Timur
Household Connected Capacity (MVA)	Variabel yang menyatakan daya tersambung per kelompok pelanggan untuk rumah tangga
Industry Connected Capacity (MVA)	Variabel yang menyatakan daya tersambung per kelompok pelanggan untuk industri
Business Connected Capacity (MVA)	Variabel yang menyatakan daya tersambung per kelompok pelanggan untuk bisnis
Social Connected Capacity (MVA)	Variabel yang menyatakan daya tersambung per kelompok pelanggan untuk sosial
Government Office Connected Capacity (MVA)	Variabel yang menyatakan daya tersambung per kelompok pelanggan untuk kantor pemerintahan
Street Light Connected Capacity (MVA)	Variabel yang menyatakan daya tersambung per kelompok pelanggan untuk lampu jalan
Household <i>Demand</i> (GWh)	Variabel yang menyatakan jumlah permintaan energi listrik PT. PLN Dist. Jawa Timur pelanggan rumah tangga
Industry <i>Demand</i> (GWh)	Variabel yang menyatakan jumlah permintaan energi listrik PT. PLN Dist. Jawa Timur pelanggan industri
Business <i>Demand</i> (GWh)	Variabel yang menyatakan jumlah permintaan energi listrik PT. PLN Dist. Jawa Timur pelanggan bisnis
Social <i>Demand</i> (GWh)	Variabel yang menyatakan jumlah permintaan energi listrik PT. PLN Dist. Jawa Timur pelanggan sosial
Government <i>Demand</i> (GWh)	Variabel yang menyatakan jumlah permintaan energi listrik PT. PLN Dist. Jawa Timur untuk kantor pemerintahan
Street Light <i>Demand</i> (GWh)	Variabel yang menyatakan jumlah permintaan energi listrik PT. PLN Dist. Jawa Timur untuk lampu jalan

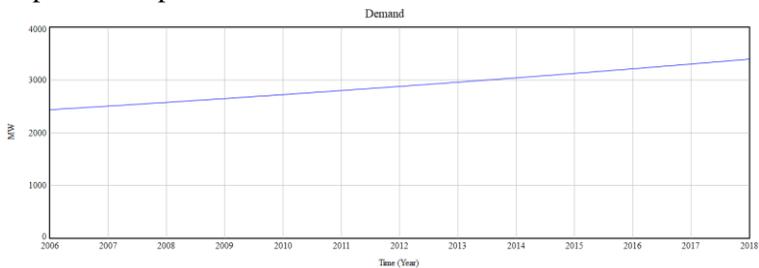
Untuk *demand* energi listrik yang dialirkan ke rumah tangga, selain daya kapasitas terpasang variabel yang mempengaruhi adalah jumlah pelanggan rumah tangga. Hal ini menjadi acuan untuk membuat model dari variabel *Demand* yang dikembangkan menjadi model sistem permintaan energi listrik dalam Gambar 4.3. Persamaan yang dapat merepresentasikan submodel adalah sebagai berikut:

$$Demand (MW) = INTEG(Demand Growth, 3273.25)$$



**Gambar 4. 4 Stock and Flow Diagram Submodel Demand**

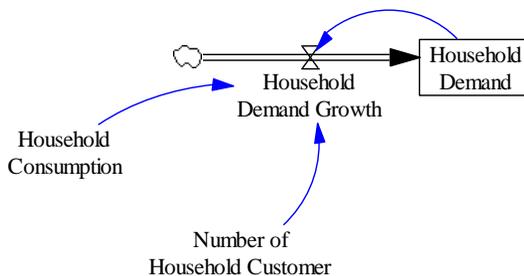
Berdasarkan submodel yang telah dibuat, hasil simulasi dapat dilihat pada Gambar 4.5



**Gambar 4. 5 Grafik Hasil Simulasi Submodel Demand**

Berdasarkan submodel *demand*, simulasi dilakukan sepanjang 12 tahun, awal tahun dimulainya simulasi adalah 2006 hingga pada tahun 2018. Pada tahun tersebut permintaan energi listrik total yang terjadi sebesar 21.362,49 GWh. Permintaan ini terus meningkat hingga tahun berakhirnya simulasi. Tercatat bahwa pada tahun 2018 sesuai hasil simulasi permintaan energi listrik mencapai 29.765,43 GWh. Selama selang waktu simulasi rata-rata permintaan energi listrik total dari seluruh sektor pelanggan sebesar 25.358.62 GWh.

### 4.3.3 Submodel *Demand per Sector*

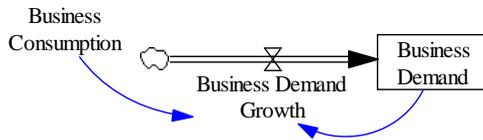


**Gambar 4. 6 Stock and Flow Diagram Submodel Household Demand**

Berdasarkan submodel yang telah dibuat, hasil simulasi dapat dilihat pada Gambar 4.7

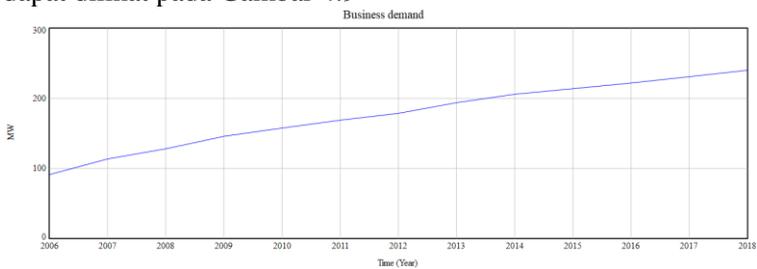


**Gambar 4. 7 Grafik Hasil Simulasi Submodel Demand Sector Rumah Tangga**



**Gambar 4. 8 Stock and Flow Diagram Submodel Business Demand**

Berdasarkan submodel yang telah dibuat, hasil simulasi dapat dilihat pada Gambar 4.9

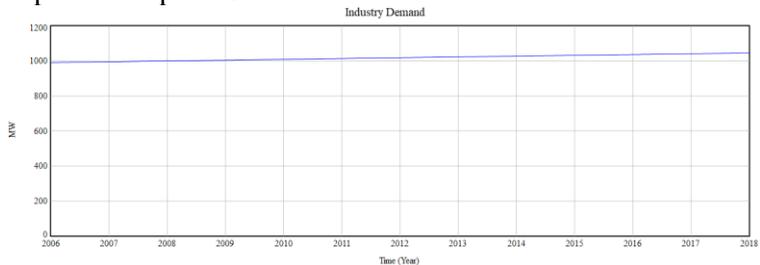


**Gambar 4. 9 Grafik Hasil Simulasi Submodel Demand Sector Bisnis**

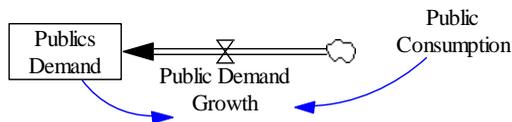


**Gambar 4. 10 Stock and Flow Diagram Submodel Industry Demand**

Berdasarkan submodel yang telah dibuat, hasil simulasi dapat dilihat pada Gambar 4.11

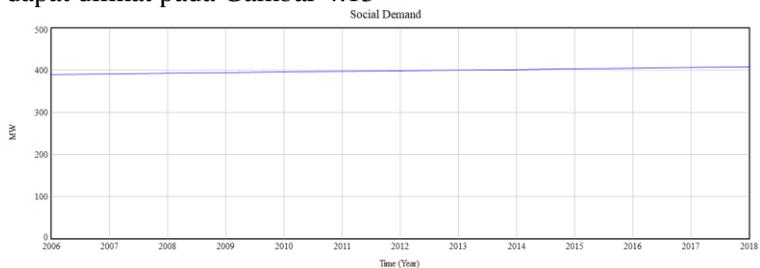


**Gambar 4. 11 Grafik Hasil Simulasi Submodel *Demand* Sector Industri**



**Gambar 4. 12 *Stock and Flow Diagram* Submodel *Publics Demand***

Berdasarkan submodel yang telah dibuat, hasil simulasi dapat dilihat pada Gambar 4.13

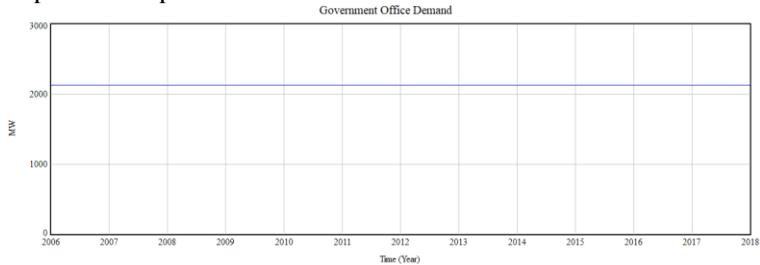


**Gambar 4. 13 Grafik Hasil Simulasi Submodel *Demand* Sector Umum**

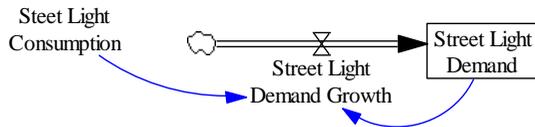


**Gambar 4. 14 *Stock and Flow Diagram* Submodel *Government Office Demand***

Berdasarkan submodel yang telah dibuat, hasil simulasi dapat dilihat pada Gambar 4.15

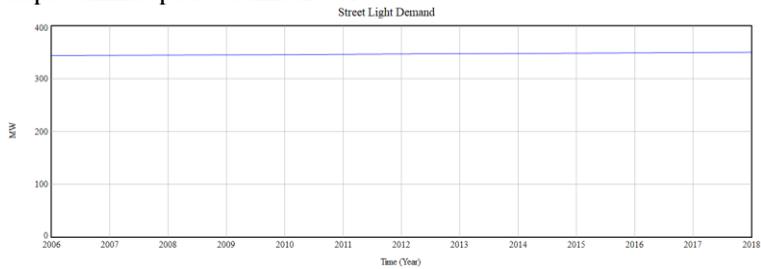


**Gambar 4. 15 Grafik Hasil Simulasi Submodel *Demand* Sector Pemerintah**



**Gambar 4. 16 Stock and Flow Diagram Submodel Street Light Demand**

Berdasarkan submodel yang telah dibuat, hasil simulasi dapat dilihat pada Gambar 4.17



**Gambar 4. 17 Grafik Hasil Simulasi Submodel *Demand* Sector Lampu Jalan**

#### 4.3.4 Submodel Fullfilment Ratio

Pada submodel fullfilment ratio atau pemenuhan kebutuhan, variabel yang mempengaruhi faktor pemenuhan energi listrik

adalah produksi energi listrik dan permintaan energi listrik. Hal ini dapat digambarkan pada Gambar 4.4

**Tabel 4. 3 Tabel Variabel Submodel Fullfilment Ratio**

Variabel	Keterangan
<i>Production</i> (GWh)	Variabel yang menyatakan jumlah energi listrik yang dihasilkan oleh PT. PJB setiap tahunnya
<i>Total Demand</i> (GWh)	Variabel yang menyatakan total permintaan energi listrik PT. PLN Dist. Jawa Timur
Fullfilment Ratio (%)	Variabel yang menyatakan ratio pemenuhan kebutuhan permintaan energi listrik Jawa Timur oleh PT. PJB

Persamaan yang dapat merepresentasikan submodel adalah sebagai berikut:

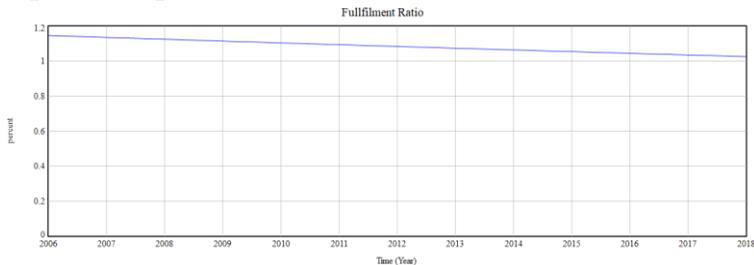
$$Fullfilment\ ratio\ (MW) = \frac{Production}{Total\ Demand}$$

```

graph TD
    TD[Total Demand] --> FR[Fullfilment Ratio]
    P[Production] --> FR
  
```

**Gambar 4. 18 Stock and Flow Diagram Submodel Fullfilment Ratio**

Berdasarkan submodel yang telah dibuat, hasil simulasi dapat dilihat pada Gambar 4.19



**Gambar 4. 19** Grafik Hasil Simulasi Submodel *Fullfilment Ratio* Sector Rasio Pemenuhan

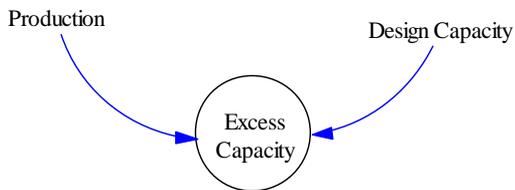
Dapat dilihat bahwa rasio pemenuhan energi listrik mengalami kenaikan, hal ini sejalan dengan naiknya laju pertumbuhan produksi yang berdasarkan pada *demand*. Sehingga dari grafik yang dihasilkan dapat dikatakan bahwa kebutuhan listrik terpenuhi.

#### 4.3.5 Submodel *Excess Capacity*

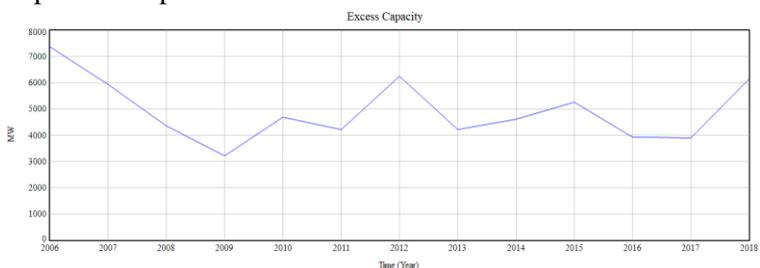
Pada submodel *Excess Capacity*, variabel yang mempengaruhi nilai dari *Excess Capacity* adalah produksi energi listrik dan *Design Capacity* pembangkit. Dengan melihat nilai *Excess Capacity*, dapat ditentukan apakah dengan *Design Capacity* yang tetap atau berubah dapat memenuhi permintaan pelanggan saat memproduksi. Hal ini dapat digambarkan pada Gambar 4.4

**Tabel 4. 4 Tabel Variabel Submodel *Excess Capacity***

Variabel	Keterangan
<i>Production</i> (GWh)	Variabel yang menyatakan jumlah energi listrik yang dihasilkan oleh PT. PJB setiap tahunnya
<i>Excess Capacity</i> (MW)	Variabel yang menyatakan kapasitas berlebih dari energi listrik PT. PJB
<i>Design Capacity</i> (MW)	Variabel yang menyatakan Daya Mampu atau kapasitas nyata suatu pembangkit dalam menghasilkan MW

**Gambar 4. 20 Stock and Flow Diagram Submodel *Excess Capacity***

Berdasarkan submodel yang telah dibuat, hasil simulasi dapat dilihat pada Gambar 4.9

**Gambar 4. 21 Grafik Hasil Simulasi Submodel *Demand* Sector Kapasitas Berlebih**

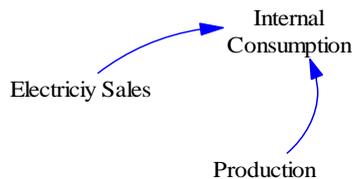
Dapat dilihat bahwa *Excess Capacity* pembangkit mengalami pertumbuhan yang tidak terlalu signifikan tiap tahunnya, energi listrik berlebih yang dihasilkan masih cukup besar.

#### 4.3.6 Submodel Internal Consumption

Pada submodel *Excess Capacity*, variabel yang mempengaruhi nilai dari *Excess Capacity* adalah produksi energi listrik dan *Design Capacity* pembangkit. Dengan melihat nilai *Excess Capacity*, dapat ditentukan apakah dengan *Design Capacity* yang tetap atau berubah dapat memenuhi permintaan pelanggan saat berproduksi. Hal ini dapat digambarkan pada Gambar 4.4

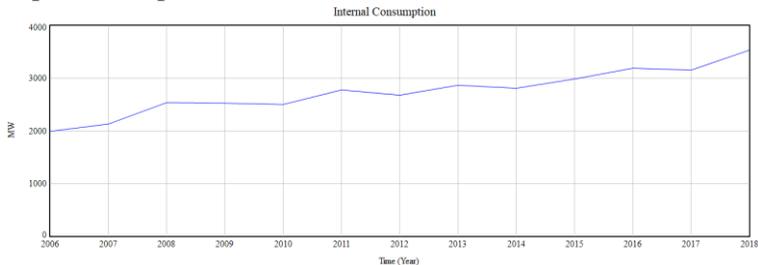
**Tabel 4. 5 Tabel Variabel Submodel Internal Consumption**

Variabel	Keterangan
<i>Production</i> (GWh)	Variabel yang menyatakan jumlah energi listrik yang dihasilkan oleh PT. PJB setiap tahunnya
Internal Consumption (GWh)	Variabel yang menyatakan jumlah pemakaian sendiri energi listrik oleh PT. PJB
<i>Electricity Sales</i> (GWh)	Variabel yang menyatakan jumlah energi listrik PT. PJB yang terjual setiap tahunnya



**Gambar 4. 22 Stock and Flow Diagram Submodel Internal Consumption**

Berdasarkan submodel yang telah dibuat, hasil simulasi dapat dilihat pada Gambar 4.23



**Gambar 4. 23 Grafik Hasil Simulasi Submodel *Demand* Sector Konsumsi Internal**

#### 4.4 Verifikasi dan Validasi Model

Verifikasi model dilakukan dengan pengecekan secara dimensional (satuan ukuran) terhadap variabel-variabel model meliputi level, rate, dan konstanta terhadap data sekunder, mengetahui ketepatan penggunaan metode integrasi dan time step yang dipilih. Validasi model dilakukan dengan tujuan memastikan bahwa model yang dibangun pada penelitian ini valid dan mampu mencerminkan sistem sesungguhnya sehingga skenario model yang dibentuk pada akhir penelitian menjadi tepat sasaran.

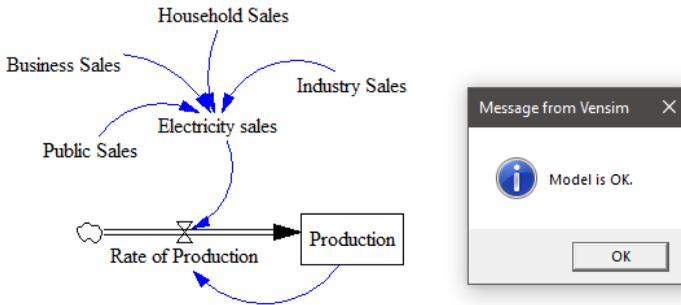
##### 4.4.1 Verifikasi Basemodel Results

Verifikasi basemodel dapat dilakukan dengan menekan tombol “Check Model” yang ada pada tools formulation.



**Gambar 4. 24 Tombol Check Model untuk Verifikasi**

Model dapat dikatakan sukses terverifikasi apabila muncul notifikasi “Model is Ok”



**Gambar 4. 25 Message from Vensim dari model yang terverifikasi**

#### 4.4.2 Validasi Model

Validasi model dilakukan dengan tujuan memastikan bahwa model yang dibangun pada penelitian ini valid dan mampu mencerminkan sistem sesungguhnya sehingga skenario model yang dibentuk pada akhir penelitian menjadi tepat sasaran.

#### 4.4.2.1 Validasi Submodel Produksi

Pada submodel produksi, hasil validasinya diketahui untuk  $E_1 = 0.241\%$  dan  $E_2 = 28.49\%$ . Berdasarkan uji perbandingan rata-rata dimana  $E_1 \leq 5\%$  dan uji perbandingan variasi amplitudo  $E_2 \leq 30\%$ , maka submodel produksi dikatakan tervalidasi.

**Tabel 4. 6 Tabel Validasi Submodel Produksi**

Validasi Submodel Produksi		
Tahun ke-i	Xi Simulasi (MW)	Xi Data (MW)
1	3299.27	3406.50
2	3180.44	3350.79
3	3239.33	3050.21
4	3422.63	3258.56
5	3486.02	3521.91
Mean	3325.53	3317.55
Standard Deviasi	126.84	177.37
E1	0.24%	
E2	28.49%	

#### 4.4.2.2 Validasi Submodel *Demand*

Pada submodel produksi, hasil validasinya diketahui untuk  $E_1 = 0.786\%$  dan  $E_2 = 17.96\%$ . Berdasarkan uji perbandingan rata-rata dimana  $E_1 \leq 5\%$  dan uji perbandingan variasi amplitudo  $E_2 \leq 30\%$ , maka submodel produksi dikatakan tervalidasi.

**Tabel 4. 7 Tabel Validasi Submodel *Demand***

Validasi Submodel <i>Demand</i>		
Tahun ke-i	Xi Simulasi (MW)	Xi Data (MW)
1	2438.64	2438.63
2	3043.42	2741.85
3	3128.51	3071.93
4	3215.91	3277.18
5	3305.68	3484.47
Mean	3026.43	3002.81
Standard Deviasi	306.62	373.74
E1	0.78%	
E2	17.96%	

#### 4.4.2.3 Validasi Submodel Fullfilment Ratio

Pada submodel produksi, hasil validasinya diketahui untuk  $E_1 = 1.13\%$  dan  $E_2 = 12.36\%$ . Berdasarkan uji perbandingan rata-rata dimana  $E_1 \leq 5\%$  dan uji perbandingan variasi amplitudo  $E_2 \leq 30\%$ , maka submodel produksi dikatakan tervalidasi.

**Tabel 4. 8 Tabel Validasi Submodel Fullfilment Ratio**

Validasi Submodel <i>Fullfilment Ratio</i>		
Tahun ke-i	Xi Simulasi (persen)	Xi Data (persen)
1	1.14	1.19
2	1.13	1.05
3	1.12	1.04
4	1.03	1.15
5	1.02	1.07
Mean	1.09	1.10
Standard Deviasi	0.05	0.05
E1	1.13%	
E2	12.36%	



## **BAB V**

### **PERANCANGAN SKENARIO**

Pada bab ini dijelaskan mengenai pengembangan skenario model. Pengembangan skenario model dilakukan berdasarkan hasil pembuatan model yang telah dijelaskan pada bab sebelumnya. Skenario model yang telah dikembangkan nantinya akan menjadi langkah awal dalam merumuskan suatu kebijakan yang akan diterapkan oleh pengambil keputusan.

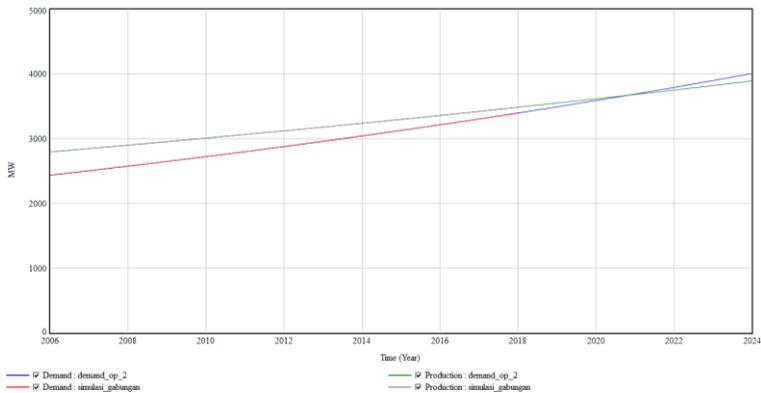
#### **5.1 Pengembangan Skenario dan analisis hasil**

Pengembangan skenario didasarkan pada pembuatan model dalam Bab 4. Pada Bab 4 masing-masing dari submodel dianalisis hasil dari simulasi yang nantinya akan dikembangkan menjadi skenario model.

##### **Skenario 1**

##### ***Skenario Do-Nothing Demand***

Skenario yang kedua dilakukan tanpa mengubah nilai parameter apapun. Skenario ini dilakukan dengan tujuan mendapatkan kapan kapasitas harus ditambah dengan melihat pertumbuhan angka produksi dan *demand*. Hasil simulasi dari skenario 2 dapat dilihat pada Gambar 5.1

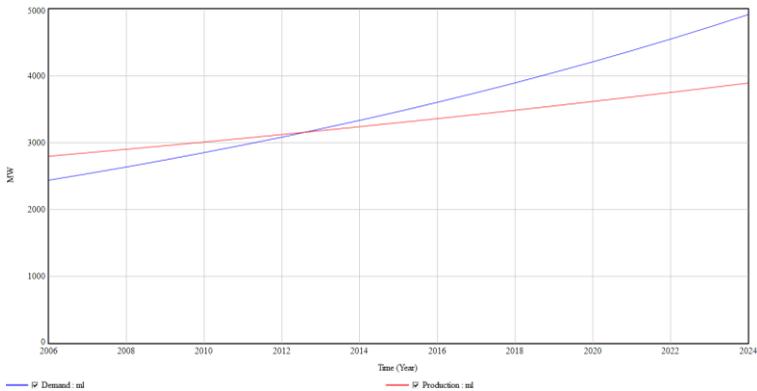


**Gambar 5. 1 Gambar Skenario *Do-nothing Demand***

Berdasarkan hasil simulasi, dapat dilihat sekitar tahun 2021 kenaikan angka demand melebihi angka produksi. Selisih angka produksi dan permintaan berdasarkan hasil simulasi mencapai 992,07 GWh. Maka pada tahun tersebut kapasitas yang harus ditambah bisa lebih dari 113,25 MW.

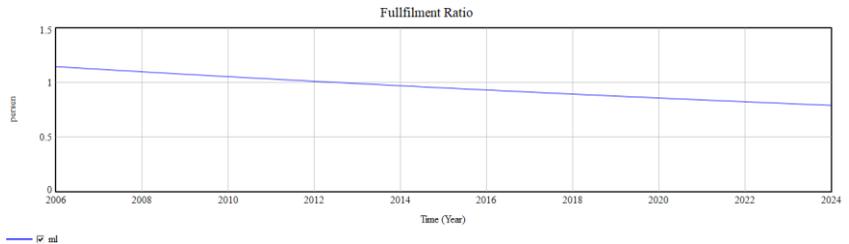
### ***Skenario Most Likely Demand***

Skenario Optimis *Demand* dilakukan dengan mengubah nilai parameter demand sesuai dengan *growth demand* yang rata-rata. Rata-rata nilai *growth demand* sebesar 1.43%. Berdasarkan dari perubahan parameter *demand* hasil simulasinya dapat dilihat pada Gambar 5.2.



**Gambar 5. 2 Gambar Skenario *Most Likely Demand***

Hasil simulasi dari skenario 1 pada tahun kurang lebih 2013, angka demand meningkat dan mengalami peningkatan di atas angka produksi. Hal ini menyebabkan ratio pemenuhan mengalami penurunan. Dapat dilihat pada Gambar 5.3.



**Gambar 5. 3 Gambar *Fullfillment Ratio Most Likely Demand***

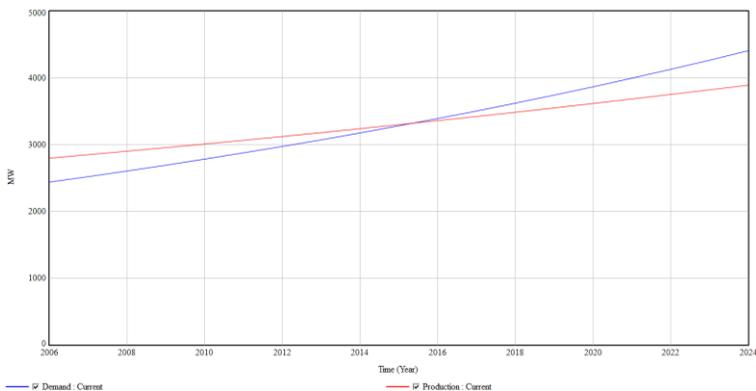
Untuk memastikan bahwa nilai model skenario forecastnya valid maka dilakukan validasi model. Berikut adalah hasil validasi skenario *most-likely demand* dengan mengubah nilai parameter demand:

**Table 5. 1 Tabel Validasi Submodel Skenario *Fullfilment Ratio* dengan *Demand Most Likely***

Validasi Submodel <i>Fullfilment Ratio Most Likely</i>		
Tahun ke-i	Xi Simulasi (MW)	Xi Data (MW)
1	0.84	0.85
2	0.82	0.81
3	0.80	0.71
Mean	0.82	0.79
Standard Deviasi	0.01	0.07
E1	3.47%	
E2	69.80%	

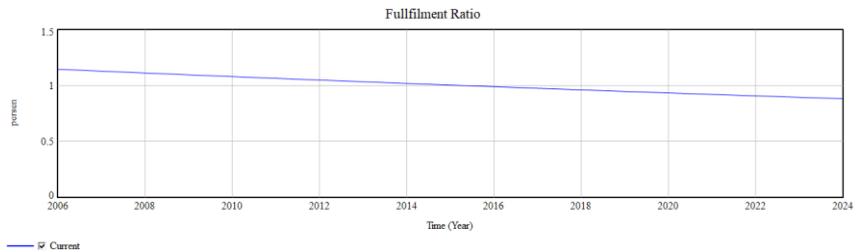
### Skenario Pesimis *Demand*

Skenario Optimis *Demand* dilakukan dengan mengubah nilai parameter demand sesuai dengan *growth demand* yang terkecil. Nilai *growth demand* yang terkecil sebesar 1.2%. Berdasarkan dari perubahan parameter *demand* hasil simulasinya dapat dilihat pada Gambar 5.4.



**Gambar 5. 4 Gambar Skenario Pesimis *Demand***

Hasil simulasi dari skenario 1 pada tahun kurang lebih 2015, angka demand meningkat dan mengalami peningkatan di atas angka produksi. Hal ini menyebabkan ratio pemenuhan mengalami penurunan. Dapat dilihat pada Gambar 5.5.



**Gambar 5. 5 Gambar *Fullfilment ratio* Pesimis Demand**

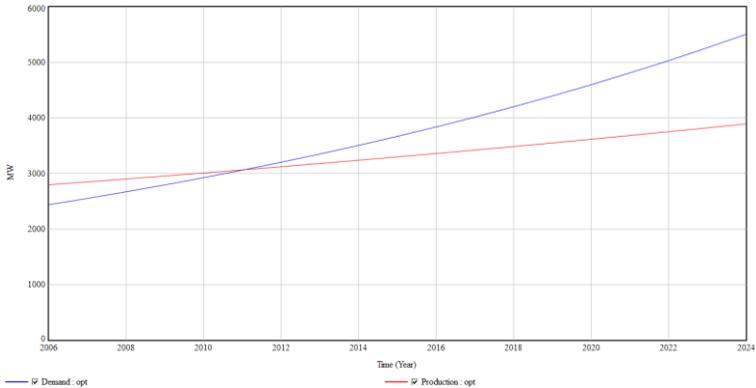
Untuk memastikan bahwa nilai model skenario forecastnya valid maka dilakukan validasi model. Hasil validasi skenario pesimis *demand* dengan mengubah nilai parameter dapat dilihat pada Tabel 5.3

**Table 5. 2 Tabel Validasi Submodel Skenario *Fullfilment Ratio* dengan *Demand* Pesimis**

Validasi Submodel <i>Fullfilment Ratio</i> Pesimis		
Tahun ke-i	Xi Simulasi (persen)	Xi Data (persen)
1	0.80	0.85
2	0.80	0.81
3	0.73	0.71
Mean	0.77	0.79
Standard Deviasi	0.03	0.07
E1	2.19%	
E2	7.70%	

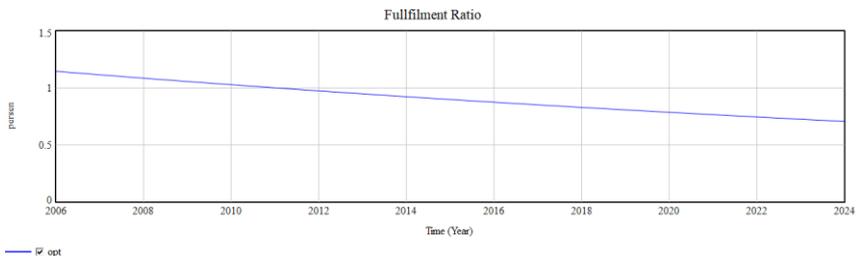
### Skenario Optimis Demand

Skenario Optimis Demand dilakukan dengan mengubah nilai parameter demand sesuai dengan *growth demand* yang terbesar. Nilai *growth demand* yang terbesar sebesar 1.67%. Berdasarkan dari perubahan parameter demand hasil simulasinya dapat dilihat pada Gambar 5.6.



**Gambar 5. 6 Gambar Skenario Optimis Demand**

Hasil simulasi dari skenario 1 pada tahun kurang lebih 2011, angka demand meningkat dan mengalami peningkatan di atas angka produksi. Hal ini menyebabkan ratio pemenuhan mengalami penurunan. Dapat dilihat pada Gambar 5.7.



**Gambar 5. 7 Gambar Fullfillment ratio Optimis Demand**

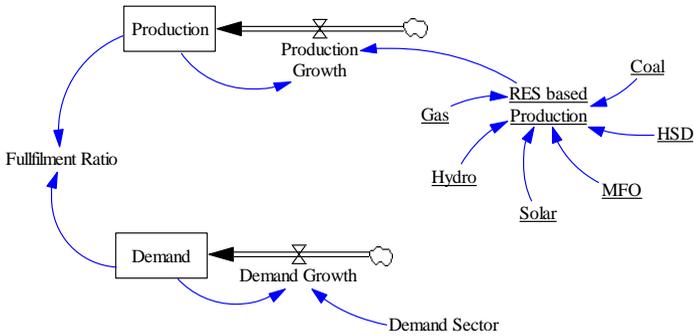
Untuk memastikan bahwa nilai model skenario forecastnya valid maka dilakukan validasi model. Hasil validasi skenario optimis *demand* dengan mengubah nilai parameter dapat dilihat pada Tabel 5.1.

**Table 5. 3 Tabel Validasi Submodel Skenario *Fullfilment Ratio* dengan *Demand Optimis***

Validasi Submodel <i>Fullfilment Ratio</i> Optimis		
Tahun ke-i	Xi Simulasi (persen)	Xi Data (persen)
1	0.74	0.85
2	0.72	0.81
3	0.70	0.71
Mean	0.72	0.79
Standard Deviasi	0.01	0.07
E1	8.90%	
E2	73.04%	

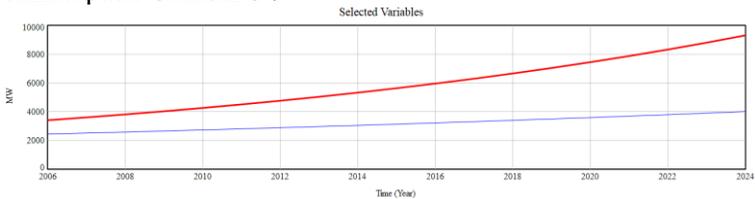
## Skenario 2

Skenario yang dikembangkan dari model yang telah valid adalah skenario Rasio Pemenuhan. Model yang direkonstruksi adalah model pada bagian Produksi. Rekonstruksi dilakukan berdasarkan faktor yang dapat mempengaruhi peningkatan produksi yang sejalan dengan pertumbuhan permintaan. Skenario yang dikembangkan memiliki timestep sepanjang 24 tahun, dapat dilihat rentang waktu simulasi adalah mulai dari tahun 2019 hingga 2043. Model skenario dari sistem ini dapat dilihat pada Gambar 5.8



**Gambar 5. 8 Model Skenario 2 Renewable Energy**

Hasil simulasi dari model skenario yang telah dibuat dapat dilihat pada Gambar 5.9.



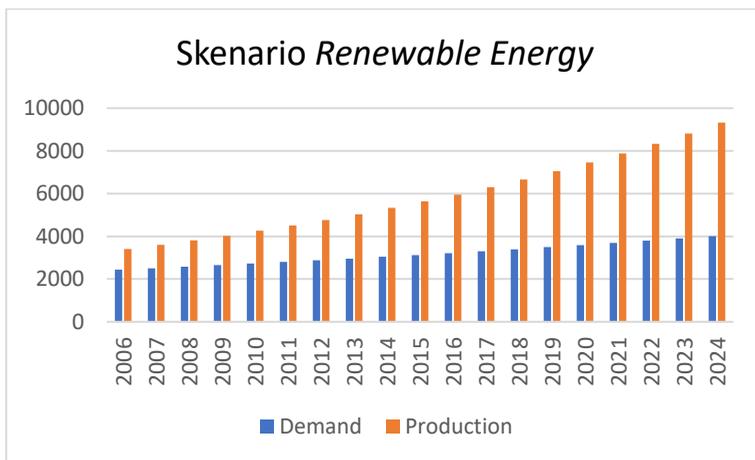
**Gambar 5. 9 Hubungan Demand dan Produksi Skenario Renewable Energy**



**Gambar 5. 10 Skenario Rasio Pemenuhan Renewable Energy**

Dari hasil simulasi pada Gambar 5.9 dan Gambar 5.10 dapat dilihat bahwa rasio pemenuhan mengalami kenaikan, melihat pertumbuhan permintaan dan juga produksi, dapat dikatakan

bahwa listrik yang diproduksi oleh PT. PJB dapat memenuhi kebutuhan listrik. Demikian juga pada tahun-tahun berikutnya akan terus mengalami kenaikan hingga mencapai  $\pm 1,8$  persen di tahun 2024 yang dapat dilihat pada Gambar 5.11. Kapasitas yang harus ditambahkan sekitar 2,3 persen dari kapasitas yang telah dimiliki oleh PT.PJB saat ini yaitu sekitar 10.508,5 MW menjadi 24.501,19 MW. Dalam keadaan seperti pada grafik Gambar 5.11, pembangunan pembangkit tidak perlu dilakukan. Hal ini karena saat ini PT. PJB memiliki kapasitas pembangkit sebesar 10.508,5 MW, yang dapat menghasilkan listrik 24.507 MWh listrik. Dengan kapasitas pembangkit yang sudah ada, hingga pada tahun 2024 produksi listrik PT. PJB dapat terpenuhi.



**Gambar 5. 11 Grafik Hubungan Skenario *Renewable Energy***



## **BAB VI**

### **PENUTUP**

Pada bab ini akan diuraikan kesimpulan dari serangkaian penelitian Tugas Akhir yang dilakukan. Kesimpulan dari hasil pengujian serta analisis dirangkum dan diwujudkan dalam bab ini. Selain itu saran dan pengembangan untuk penelitian di masa mendatang akan dituliskan untuk mempermudah peneliti selanjutnya dalam mengisi celah-celah penelitian Tugas Akhir ini.

#### **6.1 Kesimpulan**

Setelah melalui serangkaian tahap, dari perancangan, pengujian, hingga analisis didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan hasil skenario model faktor yang dapat mempengaruhi pemenuhan kebutuhan energi listrik adalah produksi energi listrik dan sumber bahan bakar untuk produksi energi listrik.
2. Produksi energi listrik diperkirakan akan mengalami peningkatan produksi rata-rata 0.34% pertahun dalam kondisi *Design Capacity* yang tidak perlu diperbesar.
3. Pada skenario model tanpa mengubah nilai parameter suatu variabel, angka permintaan mencapai 35.089,67 GWh pada tahun 2024, sedangkan angka produksi mengalami peningkatan hanya sebesar 34.097,6 GWh. Dengan menurunnya angka rasio pemenuhan, maka kapasitas pembangkit harus ditambah lebih dari 113,25 MW.
4. Hasil skenario 2 memiliki perencanaan produksi lebih baik dibandingkan skenario *do-nothing*. Pada kondisi skenario 2, kapasitas pembangkit tidak perlu ditambah

sehingga tidak perlu dilakukan pembangunan pembangkit yang baru.

## 6.2 Saran

Adapun saran yang dapat diberikan untuk Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Saran yang ditujukan untuk penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut:
  - a. Untuk penelitian selanjutnya untuk menghindari fluktuasi agar tidak terjadi *over* produksi energi listrik.
  - b. Menambahkan faktor yang dapat mempengaruhi permintaan energi listrik masyarakat di luar data yang disediakan PT. PLN.
  - c. Melakukan studi lebih lanjut dalam pengembangan pembangkit listrik tenaga air karena memiliki potensi yang cukup besar.
2. Saran untuk manajemen PT. PJB adalah mengkaji penambahan pembangunan pembangkit untuk meningkatkan kapasitas energi listrik yang dapat memenuhi angka produksi sedemikianhingga rasio pemenuhan energi listrik terpenuhi.

**DAFTAR PUSTAKA**

- [1] PT. PJB, “Annual Report 2017,” PT. PJB, Surabaya, 2017.
- [2] J. D. Sterman, *Business Dynamics: System Thinking and Modeling for a Complex World*, United States of America: McGraw-Hill Companies, Inc., 2000.
- [3] J. Sulistio, A. Wirabhuna dan M. G. Wiratama, “Indonesia’s Electricity *Demand* Dynamic Modelling,” *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, pp. 1, 6, 2017.
- [4] A. Aditya dan E. Suryani, “Aplikasi Model Sistem Dinamik Untuk Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Air Dalam Rangka Memenuhi Kebutuhan Supply Dan *Demand* Energi Listrik Di Kepulauan,” *Jurnal Pengembangan IT (JPIT)*, p. 13, 2018.
- [5] E. Suryani, “Perancangan Skenario Kebijakan Perencanaan Kapasitas Terpasang Pada Industri Semen Dengan Berbasis Model Sistem Dinamik,” *ResearchGate*, p. 2, 2005.
- [6] A. Anote, “Capacity Management Strategies and Operational Performance,” *Unpublished MBA project submitted to the University of Nairobi*, 2015.
- [7] S. H. Suryawan, “Pengembangan Model Simulasi Sistem Dinamik untuk Keberlanjutan Sistem Transportasi Publik (Studi Kasus: Kota Surabaya),” 2019.
- [8] E.Suryani, R.A.Hendriawan, E.Taufik, I.Muhandhis dan L.P.Dewi, “The Development of System Dynamics Model to Increase National Sugar Fullfillment Ratio,” *Journal of*

*Telecommunication, Electronic and Computer Engineering*, vol. 10, no. 2-3, p. 2, 2013.

- [9] PT. PJB, "Annual Report 2016," PT. PJB, Surabaya, 2016.
- [10] PT. PJB, "Annual Report 2015," PT. PJB, Surabaya, 2015.
- [11] PT. PJB, "Annual Report 2014," PT. PJB, Surabaya, 2014.
- [12] PT. PJB, "Annual Report 2013," PT. PJB, Surabaya, 2013.
- [13] PT. PJB, "Annual Report 2012," PT. PJB, Surabaya, 2012.
- [14] PT. PJB, "Annual Report 2011," PT. PJB, Surabaya, 2011.
- [15] PT. PJB, "Annual Report 2010," PT. PJB, Surabaya, 2010.
- [16] PT. PLN (Persero), "RENCANA USAHA PENYEDIAAN TENAGA LISTRIK PT. PLN (PERSERO) 2019-2027," KEMENTERIAN ENERGI DAN SUMBER DAYA MINERAL, 2019.
- [17] PT. PLN (Persero), Statistik PLN 2017, Jakarta: PT. PLN (Persero), 2017.
- [18] PT. PLN (Persero), Statistik PLN 2016, Jakarta: PT. PLN (Persero), 2016.
- [19] PT. PLN (Persero), Statistik PLN 2015, Jakarta: PT. PLN (Persero), 2015.
- [20] PT. PLN (Persero), Statistik PLN 2014, Jakarta: PT. PLN (Persero), 2014.
- [21] PT. PLN (Persero), Statistik PLN 2013, Jakarta: PT. PLN (Persero), 2013.
- [22] PT. PLN (Persero), Statistik PLN 2012, Jakarta: PT. PLN (Persero), 2012.
- [23] PT. PLN (Persero), Statistik PLN 2011, Jakarta: PT. PLN (Persero), 2011.

[24] PT. PLN (Persero), Statistik PLN 2010, Jakarta: PT. PLN (Persero), 2010.



## LAMPIRAN 1

Variabel	Satuan	Keterangan
<i>Production</i>	GWh	Variabel yang menyatakan jumlah energi listrik yang dihasilkan oleh PT. PJB setiap tahunnya
<i>Electricity Sales</i>	GWh	Variabel yang menyatakan jumlah energi listrik PT. PJB yang terjual setiap tahunnya
<i>Excess Capacity</i>	MW	Variabel yang menyatakan kapasitas berlebih dari energi listrik PT. PJB
Fullfilment Ratio	persen (%)	Variabel yang menyatakan ratio pemenuhan kebutuhan permintaan energi listrik Jawa Timur oleh PT. PJB
Internal Consumption	GWh	Variabel yang menyatakan jumlah pemakaian sendiri energi listrik oleh PT. PJB
<i>Design Capacity</i>	MW	Variabel yang menyatakan Daya Mampu atau kapasitas nyata suatu pembangkit dalam menghasilkan MW
Household Sales	GWh	Variabel yang menyatakan jumlah energi listrik PT. PJB yang terjual pelanggan rumah tangga setiap tahunnya
Business Sales	GWh	Variabel yang menyatakan jumlah energi listrik PT. PJB yang terjual pelanggan bisnis setiap tahunnya
Public Sales	GWh	Variabel yang menyatakan jumlah energi listrik PT. PJB yang terjual pelanggan publik setiap tahunnya

Industry Sales	GWh	Variabel yang menyatakan jumlah energi listrik PT. PJB yang terjual pelanggan industri setiap tahunnya
Household Connected Capacity	MVA	Variabel yang menyatakan daya tersambung per kelompok pelanggan untuk rumah tangga
Industry Connected Capacity	MVA	Variabel yang menyatakan daya tersambung per kelompok pelanggan untuk industri
Business Connected Capacity	MVA	Variabel yang menyatakan daya tersambung per kelompok pelanggan untuk bisnis
Social Connected Capacity	MVA	Variabel yang menyatakan daya tersambung per kelompok pelanggan untuk sosial
Government Office Connected Capacity	MVA	Variabel yang menyatakan daya tersambung per kelompok pelanggan untuk kantor pemerintahan
Street Light Connected Capacity	MVA	Variabel yang menyatakan daya tersambung per kelompok pelanggan untuk lampu jalan
Household Demand	GWh	Variabel yang menyatakan jumlah permintaan energi listrik PT. PLN Dist. Jawa Timur pelanggan rumah tangga
Industry Demand	GWh	Variabel yang menyatakan jumlah permintaan energi listrik PT. PLN Dist. Jawa Timur pelanggan industri
Business Demand	GWh	Variabel yang menyatakan jumlah permintaan energi listrik PT. PLN Dist. Jawa Timur pelanggan bisnis

Social Demand	GWh	Variabel yang menyatakan jumlah permintaan energi listrik PT. PLN Dist. Jawa Timur pelanggan sosial
Government Demand	GWh	Variabel yang menyatakan jumlah permintaan energi listrik PT. PLN Dist. Jawa Timur untuk kantor pemerintahan
Street Light Demand	GWh	Variabel yang menyatakan jumlah permintaan energi listrik PT. PLN Dist. Jawa Timur untuk lampu jalan
Total Demand	GWh	Variabel yang menyatakan total permintaan energi listrik PT. PLN Dist. Jawa Timur
Number of Household Customer	orang	Variabel yang menyatakan jumlah pelanggan rumah tangga PT. PLN Dist. Jawa Timur
Household Demand Growth	persen (%)	Variabel yang menyatakan pertumbuhan jumlah permintaan energi listrik PT. PLN Dist. Jawa Timur pelanggan rumah tangga
Industry Demand Growth	persen (%)	Variabel yang menyatakan pertumbuhan jumlah permintaan energi listrik PT. PLN Dist. Jawa Timur pelanggan industri
Business Demand Growth	persen (%)	Variabel yang menyatakan pertumbuhan jumlah permintaan energi listrik PT. PLN Dist. Jawa Timur pelanggan bisnis
Social Demand Growth	persen (%)	Variabel yang menyatakan pertumbuhan jumlah permintaan energi listrik PT. PLN Dist. Jawa Timur pelanggan sosial

Government Demand Growth	persen (%)	Variabel yang menyatakan pertumbuhan jumlah permintaan energi listrik PT. PLN Dist. Jawa Timur untuk kantor pemerintahan
Street Light Demand Growth	persen (%)	Variabel yang menyatakan pertumbuhan jumlah permintaan energi listrik PT. PLN Dist. Jawa Timur untuk lampu jalan

## LAMPIRAN 2

Tahun	2017	2016	2015	2014	2013	2012	2011	2010
<i>Production</i> (GWh)	24507	26805	26480	30852	28545	26718	29353	29841
<i>Electricity</i> <i>Sales</i> (GWh)	23441	25737	25392	29661	27437	25654	28171	28632
Internal Consumption (GWh)	1065.9	890.2	924	927.09	778.4	803.42	884.35	871.19
Installed Capacity (MW)	33439	33485	32229	31377	30079	29001	23865	21569
<i>Design</i> <i>Capacity</i> (MW)	10508.5	7055	6988	6988	6988	6977	6137	6477
Household Sales (GWh)	8871.60 7866	9740.56 4466	9609.99 3897	11225.6 6277	10383.9 5568	9709.15 1837	10661.7 4929	10836.2 2185

Business Sales (GWh)	2982.49 7423	3274.62 72	3230.73 1393	3773.89 4291	3490.92 5379	3264.06 6759	3584.31 5299	3642.97 0276
Public Sales (GWh)	1365.51 881	1499.26 87	1479.17 1265	1727.85 5186	1598.29 9543	1494.43 3665	1641.05 7565	1667.91 24
Industry Sales (GWh)	10221.4 3446	11222.6 0392	11072.1 6687	12933.6 6185	11963.8 8794	11186.4 1182	12283.9 4821	12484.9 6699
Household Connected Capacity (MVA)	8264.89	7878.29	6708.76	7484.23	7135.02	6176.24	5705.08	5316.55
Industry Connected Capacity (MVA)	5782.92	5639.88	4419.37	5351.71	5053.34	4264.2	3716.45	3318.73
Business Connected Capacity (MVA)	3092.62	2793.21	2347.96	2534.17	2349.17	1922.63	1715.85	1570.95

Social Connected Capacity (MVA)	788.69	699.64	528.39	621.98	537.27	473.09	422.95	384.06
Government Office Connected Capacity (MVA)	271.59	254.28	192.35	228.25	211.26	171.8	160.47	148.34
Street Light Connected Capacity (MVA)	205.38	197.77	171.42	186.69	177.22	163.06	157.11	152.68
Household <i>Demand</i> (GWh)	12928.6 6	12967.9	12127.2 3	11585.2 6	10589.1 7	9876.67	9085.38	1217.73
Industry <i>Demand</i> (GWh)	14695.7 2	13838.6 2	13080.8 8	13227.1 2	12737.5 5	12295.7 5	10609.4	8681.4
Business <i>Demand</i> (GWh)	4402.22	4147.2	3831.19	4014.22	3796.04	3239.86	2929.84	8683.01

<b>Social Demand (GWh)</b>	1112.19	1032.29	908.54	839.43	758.03	695.89	622.2	3413.83
<b>Government Demand (GWh)</b>	368.45	355.37	322.58	309.47	288.85	273.84	246.92	18611.5

## TENTANG PENULIS



Penulis memiliki nama lengkap Nida Nabilah Nuzul Lathifah. Penulis dilahirkan pada tanggal 06 Juni 1998 di Kabupaten Malang. Dilahirkan sebagai seorang perempuan, penulis adalah anak pertama dari dua bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan di TK Sabilul Mukhsinin (2002-2004), SDN Kalirejo 1 (2004-2010), SMP Negeri 1 Lawang (2010-2013), dan SMA Negeri

1 Lawang (2013-2015), dan hingga sampai pada titik dimana penulis menempuh Strata-1 di Departemen Matematika ITS. Selama empat tahun menempuh kuliah, penulis meyakini bahwa konsentrasi bidang minatnya adalah Ilmu komputer. Penulis merupakan mahasiswa ITS yang *lack-of-confidence* pada zamannya, hanya memberikan sedikit kontribusi pada beberapa kegiatan setingkat Institut seperti menjadi panitia RDK 37, Event Fasilitator GERIGI ITS 2016, Mentor GERIGI ITS 2017. Himpunan adalah zona nyaman bagi penulis, dengan menjadi staff Student Resource Development Department HIMATIKA ITS (2016-2017), dan Head of Regeneration Division Student Resource Development Department HIMATIKA ITS (2017-2018), selain itu penulis juga aktif sebagai Event Organizer OMITS 2017 dan OMITS 2018. Sejauh perjalanan penulis menjadi mahasiswa ini, prestasi masih sedikit jauh dari kehidupan penulis. Kerja Praktik di XL Axiata menjadi satu-satunya pengalaman terbaik penulis sebelum dikerjakannya

Tugas Akhir ini. Adapun informasi, kritik, atau saran lebih lanjut terbuka untuk disampaikan pada penulis melalui *e-mail* penulis di [nidanabilahnl@gmail.com](mailto:nidanabilahnl@gmail.com).