

PENERAPAN METODE SIMULASI SISTEM DINAMIK UNTUK MENGANALISIS KEBUTUHAN LISTRIK SEKTOR RUMAH TANGGA PADA TIAP AREA DI JAWA TIMUR

Luh Made Wisnu Satyaningrat, Erma Suryani

Jurusan Sistem Informasi, Fakultas Teknologi Informasi Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111

E-mail: erma@is.its.ac.id

Abstrak— Provinsi Jawa Timur merupakan provinsi yang memiliki wilayah terluas di Pulau Jawa, yaitu seluas 47.154 km² dan terdiri dari 29 kabupaten dan 9 kota. Provinsi Jawa Timur ini juga memiliki jumlah penduduk terbanyak kedua di Indonesia, yaitu berjumlah 37.476.757 jiwa pada tahun 2010. Dengan jumlah penduduk sebanyak itu, kebutuhan listrik di sektor rumah tangga selalu terjadi peningkatan tiap tahunnya. Pada tahun 2010, kebutuhan listrik pada sektor Rumah Tangga di provinsi Jawa Timur sebanyak 8.555,29 GWh, tahun 2011 sebanyak 9.085,44 GWh, tahun 2012 sebanyak 9.876,67 GWh, dan pada tahun 2013 sebanyak 10.589,17 GWh. Oleh sebab itu, PT PLN Distribusi Jawa Timur harus siap dalam menghadapi lonjakan kebutuhan listrik masyarakat sektor rumah tangga di Jawa Timur. PT. PLN Distribusi Jawa Timur membutuhkan suatu perhitungan yang dapat membantu dalam memperkirakan kebutuhan listrik di tahun mendatang sehingga PT PLN dapat menentukan jumlah pasokan listrik yang harus disediakan.

Prediksi kebutuhan listrik dipengaruhi oleh faktor internal, beberapa faktor eksternal yang bersifat non linear dan adanya unsur ketidak pastian, sehingga memprediksi kebutuhan listrik menjadi suatu masalah yang kompleks. Dalam menyelesaikan permasalahan tersebut, metode yang cocok digunakan yaitu metode Simulasi Sistem Dinamik. Dengan metode Simulasi Sistem Dinamik, kita bisa memahami secara mendalam tentang cara kerja suatu sistem. Beberapa faktor eksternal dan unsur-unsur ketidak pastian yang ada pada prediksi kebutuhan listrik dapat diamati, dianalisis, dan dirangkai sehingga menampilkan keterkaitan satu sama lain hingga akhirnya dapat memberikan solusi yang komprehensif dan meningkatkan performa sistem.

Hasil yang diharapkan dari penerapan metode Simulasi Sistem Dinamik adalah adanya rancangan model proyeksi kebutuhan listrik yang dapat membantu perusahaan untuk mengetahui kebutuhan listrik mendatang untuk tiap area di Jawa Timur dan dapat membantu menentukan desain kapasitas pembangkit yang dibutuhkan untuk memenuhi kebutuhan listrik. Rancangan model analisis kebutuhan listrik ini dapat menggambarkan kebutuhan listrik pada sektor Rumah Tangga tiap areadi Jawa Timur dan dapat langsung diimplementasikan pada perusahaan karena model ini sudah sesuai dengan kondisi kebutuhan listrik saat ini.

Kata kunci- Simulasi, Sistem Dinamik, Kebutuhan Listrik, Rumah Tangga, Jawa Timur

I. PENDAHULUAN

KEHIDUPAN masyarakat di Indonesia, semakin *modern* dari tahun ke tahun. Peralatan yang semula menggunakan cara tradisional, kini dapat dioperasikan dengan tenaga listrik untuk mendapatkan hasil yang lebih maksimal dan mengefisienkan waktu. Misalkan saja, dahulu orang mencuci pakaian dengan menggunakan tangan, kini

orang mencuci dengan menggunakan mesin cuci, yang notabene menggunakan tenaga listrik dalam pengoperasiannya. Selain itu, masih banyak kegiatan lain yang saat ini susah dipisahkan dengan listrik. Jika dibandingkan pada beberapa tahun yang lalu, tentu kehidupan manusia pada modernisasi saat ini pasti sangat jauh berbeda sebab seluruh aspek kehidupan manusia yang terkait dengan keperluan sehari-hari, dunia usaha, industri, pemerintahan, pendidikan, dan lainnya sangat membutuhkan energi listrik untuk melangsungkan proses bisnis pada masing-masing bidang tersebut. Oleh sebab itu, dapat dikatakan bahwa listrik merupakan salah satu hal terpenting dan paling dibutuhkan oleh masyarakat Indonesia pada era globalisasi dan modernisasi saat ini.

Kebutuhan listrik masyarakat Indonesia selalu meningkat setiap tahunnya. Jumlah kebutuhan listrik di Indonesia pada tahun 2012 sebesar 173.990,75 GWh, meningkat 10,13% dibandingkan tahun sebelumnya. Dari total kebutuhan listrik tersebut Pulau Jawa memiliki jumlah kebutuhan listrik yang paling banyak yaitu 128.513,21 GWh [1]. Pulau Jawa secara administratif terbagi menjadi empat provinsi, yaitu Jawa Barat, Jawa Tengah, Jawa Timur, dan Banten; serta dua wilayah khusus, yaitu DKI Jakarta dan DI Yogyakarta. Provinsi Jawa Timur merupakan provinsi yang memiliki wilayah terluas di Pulau Jawa, yaitu seluas 47.154 km² dan terdiri dari 29 kabupaten dan 9 kota. Provinsi Jawa Timur ini juga memiliki jumlah penduduk terbanyak kedua di Indonesia, yaitu berjumlah 37.476.757 jiwa [2].

Seiring padatnya jumlah penduduk Jawa Timur, perkembangan pembangunan dan perumahan di Jawa Timur terus terjadi. Selama lima tahun terakhir, mulai 2003-2007, alih fungsi lahan pertanian ke non pertanian berupa perumahan atau bangunan rata-rata seluas 879,9 hektare [3]. Hal tersebut tentunya berpengaruh pada meningkatnya kebutuhan listrik pada sektor Rumah Tangga. Pada tahun 2010, kebutuhan listrik pada sektor Rumah Tangga di provinsi Jawa Timur sebanyak 8.555,29 GWh, tahun 2011 sebanyak 9.085,44 GWh, tahun 2012 sebanyak 9.876,67 GWh, dan pada tahun 2013 sebanyak 10.589,17 GWh [4]. Pada tahun 2012, sektor Rumah Tangga merupakan pemakai listrik terbesar di Jawa Timur yaitu mencapai 9.876,67 GWh atau sekitar 36,70% dari total pelanggan PT PLN [5]. Selain meningkatnya jumlah kebutuhan listrik, peningkatan jumlah pelanggan juga sangat mungkin terjadi karena masih ada penduduk di Jawa Timur yang belum menggunakan listrik PLN, yaitu sebesar 0,44%. Mereka masih menggunakan petromak/aladin, pelita/sentir/obor atau lainnya sebagai sumber listrik. Hal tersebut dikarenakan faktor geografis Jawa Timur yang mempunyai banyak pulau kecil dan berpegunungan dengan

sarana infrastruktur yang tidak mendukung, menyebabkan masih ada rumah tangga yang bertempat tinggal di wilayah itu memakai alat penerangan non PLN, baik yang berasal dari diesel (genset), petromak, lampu pelita atau lainnya.

Berdasarkan kenyataan yang terjadi, maka semakin kuat perkiraan kebutuhan listrik pada sektor Rumah Tangga untuk tahun-tahun mendatang akan terus meningkat. Oleh karena itu, PT PLN Distribusi Jawa Timur harus siap dalam menghadapi lonjakan kebutuhan listrik masyarakat Jawa Timur. Tentunya hal tersebut akan berpengaruh terhadap jumlah pasokan ketersediaan listrik oleh PT. PLN Distribusi Jawa Timur. PT. PLN Distribusi Jawa Timur membutuhkan suatu prediksi kebutuhan listrik sektor Rumah Tangga di tahun mendatang. Analisis prediksi kebutuhan listrik tersebut dipengaruhi oleh beberapa faktor eksternal yang bersifat non linear dan ada unsur ketidak pastian, sehingga metode yang cocok digunakan yaitu metode Simulasi Sistem Dinamik. Ford telah membuat pengamatan yang menarik tentang mengapa dinamika sistem cocok untuk pemodelan lingkungan dan bisnis, khususnya dalam industri tenaga listrik. Ford mengatakan bahwa keuntungan dari sistem dinamik yang telah dibandingkan dengan yang lain adalah kemampuan untuk melihat loop umpan balik antar variabel dalam sistem [6]. Sistem Dinamik ini bertujuan untuk mendukung pengambil keputusan untuk bertindak dalam situasi/lingkungan yang kompleks, dan juga sistem dinamik ini menawarkan solusi alternatif untuk menyelesaikan dan lebih memahami secara mendalam tentang cara kerja suatu sistem. Beberapa faktor eksternal dan unsur-unsur ketidakpastian yang ada pada prediksi kebutuhan listrik dapat diamati, dianalisis, dan dirangkai sehingga menampilkan keterkaitan satu sama lain hingga akhirnya dapat memberikan solusi yang komprehensif dan meningkatkan performa sistem dalam memenuhi kebutuhan listrik masyarakat Jawa Timur. Selain itu, metode Simulasi Sistem Dinamik ini juga sudah pernah digunakan untuk menyelesaikan permasalahan sejenis seperti permasalahan konsumsi listrik rumah tangga di Finlandia [7], permasalahan daya listrik industri di California [8], dan permasalahan permintaan dan ketersediaan listrik sektor industri di Jawa Timur [9].

Dalam penelitian Tugas Akhir ini bertujuan untuk model sistem dinamik proyeksi kebutuhan listrik sektor Rumah Tangga di Jawa Timur untuk masa mendatang, dan menentukan perencanaan kapasitas pembangkit untuk memenuhi kebutuhan listrik di masa mendatang. Batasan masalah pada penelitian Tugas Akhir ini adalah analisis kebutuhan listrik sektor rumah tangga tiap area dan desain kapasitas pembangkit di Jawa Timur.

II. KAJIAN PUSTAKA

A. Simulasi

Simulasi merupakan suatu teknik meniru operasi-operasi atau proses-proses yang terjadi dalam suatu sistem dengan bantuan perangkat komputer dan dilandasi oleh beberapa asumsi tertentu sehingga sistem tersebut bisa dipelajari secara ilmiah [10]. Simulasi menggambarkan secara umum karakteristik dari sistem fisiknya. Simulasi digunakan sebelum sistem yang ada diubah atau sistem yang baru dibangun.

Simulasi dilakukan untuk memprediksi kinerja sistem yang dikembangkan [11]. Hal ini bertujuan untuk mengurangi kemungkinan kegagalan dalam memenuhi spesifikasi, menghilangkan kemacetan yang tak terduga, mencegah pemanfaatan sumberdaya yang kurang maupun berlebihan, dan untuk mengoptimalkan kinerja sistem [12]. Ada beberapa keuntungan yang bisa diperoleh dengan memanfaatkan simulasi, yaitu:

- a. Menghemat waktu (*compress time*)
- b. Dapat melebarluaskan waktu (*expand time*)
- c. Dapat mengawasi sumber-sumber yang bervariasi (*Control Source of Variation*)
- d. Mengoreksi kesalahan-kesalahan perhitungan (*Error in measurment Correction*)
- e. Dapat dihentikan dan dijalankan kembali (*Stop simulation and restart*)
- f. Mudah diperbanyak (*Easy to replicate*)

B. Sistem Dinamik

Metodologi sitem dinamik dibangun atas dasar tiga latar belakang disiplin, yaitu manajemen tradisional, teori umpan balik atau *cybernetic*, dan simulasi komputer. Prinsip dan konsep dari ketiga disiplin ini dipadukan dalam sebuah metodologi untuk memecahkan permasalahan manajerial secara holistik, menghilangkan kelemahan dari masing-masing disiplin, dan menggunakan kekuatan setiap disiplin untuk membentuk sinergi.



Didasari oleh filosofi kausal, tujuan metodologi sistem dinamik adalah mendapatkan pemahaman yang mendalam tentang cara kerja suatu sistem. Permasalahan dalam suatu system dilihat tidak disebabkan oleh pengaruh luar namun dianggap disebabkan oleh struktur internal sistem.

Fokus utama dari metodologi sistem dinamik adalah pemahaman atas sistem sehingga langkah pemecahan masalah dengan metodologi sistem dinamik, yaitu:

1. Identifikasi dan definisi masalah
2. Konseptualisasi system
3. Formulasi model
4. Simulasi dan validasi model
5. Analisis kebijakan
6. Implementasi

Dari model sistem dinamik dalam bentuk diagram kausatik dibangun *Flow Diagram* untuk menggambarkan variabel-variabel simulasi dan parameterisasi serta formulasi model untuk siap disimulasikan [13]. Variabel dalam sistem dinamik digambarkan pada tabel 1.

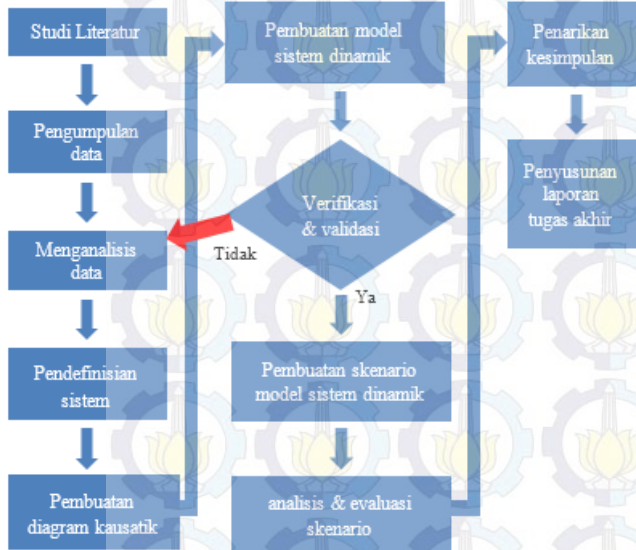
Tabel 1 Variabel Sistem Dinamik

Variabel	Simbol	Keterangan
Level		Merepresentasikan akumulasi kuantitas yang terakumulasi sepanjang waktu, dapat berubah nilainya sejalan dengan perubahan yang terjadi pada <i>rate</i>
Rate		Merepresentasikan laju aliran yang dapat mengubah nilai <i>level</i>
Auxiliary		Merepresentasikan variabel bantu yang berisi formulasi yang dapat

○	menjadi masukan pada <i>rate</i> . Variabel ini sering digunakan untuk formulasi yang kompleks.
---	---

III. METODE

Tugas akhir ini terdiri dari beberapa tahapan pengerjaan yang terangkum dalam metodologi pengerjaan tugas akhir. Diagram alir metodologi tugas akhir dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 1 Metodologi pengerjaan tugas akhir

Pengerjaan tugas akhir diawali dengan studi literatur mengenai konsep serta metode yang digunakan dalam menyelesaikan permasalahan. Kemudian tahap kedua adalah pengumpulan data. Tahap ketiga adalah menganalisis data, pada tahap ini dilakukan analisis terhadap data yang telah dikumpulkan sebelumnya. Analisis data ini bertujuan untuk memastikan apakah data yang telah terkumpul sudah mencakup kebutuhan pembuatan model sistem dinamik pada tugas akhir ini dan juga untuk mengetahui faktor-faktor apa saja yang mempengaruhi kebutuhan listrik sektor rumah tangga. Tahap keempat adalah pendefinisian sistem, yaitu dilakukan dengan mengidentifikasi variabel-variabel yang berkaitan dengan tujuan yang ingin dicapai dalam pengerjaan tugas akhir. Tahap kelima adalah pembuatan diagram kausatik, yaitu variabel-variabel yang telah diidentifikasi sebelumnya akan diilustrasikan keterkaitannya satu sama lain. Tahap keenam adalah pembuatan model sistem dinamik, pada tahap ini dilakukan pembuatan model sistem dinamik dengan cara membuat diagram *flow* dan membuat formula pada diagram *flow*. Tahap ketujuh adalah verifikasi dan validasi, yaitu dilakukan pengecekan pada model yang sudah dibuat apakah sudah sesuai dengan sistem nyatanya (valid). Berikut ini adalah cara pengujian validasi:

- a. Perbandingan Rata-Rata (*Mean Comparison*)

$$E1 = \frac{|Rata\ rata\ Simulasi - Rata\ rata\ Data|}{Rata\ rata\ Data}$$

E1 = error rate. Nilai Error Rate $\leq 5\%$

- b. Perbandingan Variasi Amplitudo (% *Error Variance*)

$$E2 = \frac{|Standar\ deviasi\ model - Standar\ deviasi\ data|}{standar\ deviasi\ Data}$$

E2 = error rate. Nilai Error Rate $\leq 30\%$

Apabila verifikasi dan validasi gagal, maka langkah selanjutnya adalah kembali melakukan analisis data untuk menemukan faktor-faktor yang mempengaruhi kebutuhan listrik sektor rumah tangga yang belum terdeteksi sebelumnya. Tahap kedelapan adalah pembuatan skenario model sistem dinamik, yang bertujuan untuk memperbaiki kerja sistem agar dapat membuat proyeksi kebutuhan listrik yang lebih baik. Tahap kesembilan adalah analisis dan evaluasi skenario, tahap kesepuluh adalah penarikan kesimpulan, dan tahap terakhir adalah penyusunan buku laporan tugas akhir.

IV. PENGEMBANGAN MODEL DAN SKENARIO

A. Data

Data yang digunakan dalam permasalahan ini adalah data-data yang didapatkan secara langsung di kantor PT. PLN Distribusi Jawa Timur dan juga menggunakan data statistik perusahaan PT Pembangkitan Jawa-Bali dari tahun 2001-2012 yang tersedia di website PT. PJB. Data yang digunakan dalam pengerjaan tugas akhir ini antara lain:

- a. Jumlah rumah tangga untuk seluruh area di Jawa Timur dari tahun 2001 – 2012
- b. Jumlah pelanggan setiap golongan tarif pada sektor rumah tangga untuk seluruh area di Jawa Timur dari tahun 2001 – 2012
- c. Jumlah daya tersambung setiap golongan tarif pada sektor rumah tangga untuk seluruh area di Jawa Timur dari tahun 2001 – 2012
- d. Jumlah tenaga listrik terjual setiap golongan tarif pada sektor rumah untuk seluruh area di Jawa Timur dari tahun 2001 – 2012
- e. Jumlah tenaga listrik terjual pada sektor komersial, publik, dan industri untuk seluruh area di Jawa Timur dari tahun 2001 – 2012
- f. Jumlah kapasitas pembangkit listrik di Jawa Timur dari tahun 2001 – 2012
- g. Jumlah produksi listrik oleh PLTA, PLTU, PLTG, dan PLTGU dari tahun 2001 - 2012

Dari data-data tersebut nantinya akan diproses dan menjadi *input* pada model hingga mendapatkan kebutuhan listrik tiap area dan desain kapasitas pembangkit di Jawa Timur menggunakan simulasi sistem dinamik dengan bantuan toolbox VENSIM.

B. Model dan Simulasi

Model dan simulasi ini digunakan untuk mengetahui hubungan antar variabel dan kesesuaiannya pada kondisi nyata. Berikut ini adalah model yang digunakan pada tugas akhir ini:

	kurang dari 30%
Kebutuhan listrik RT Surabaya	0.55%
Kebutuhan listrik RT Malang Pasuruan	9.21%
Kebutuhan listrik RT Mojokerto	1.76%
Kebutuhan listrik RT Kediri	0.06%
Kebutuhan listrik RT Jember	9.19%
Kebutuhan listrik RT Bojonegoro	1.26%
Kebutuhan listrik RT Pamekasan	4.25%
Kebutuhan listrik RT Gresik Sidoarjo	2.00%
Kebutuhan listrik RT Situbondo Banyuwangi	1.15%
Kebutuhan listrik RT Ponorogo Madiiun	2.76%
Produksi listrik oleh PLTA	3.46%
Produksi listrik oleh PLTG	13.18%
Produksi listrik oleh PLTGU	18.16%
Produksi listrik oleh PLTU	8.25%

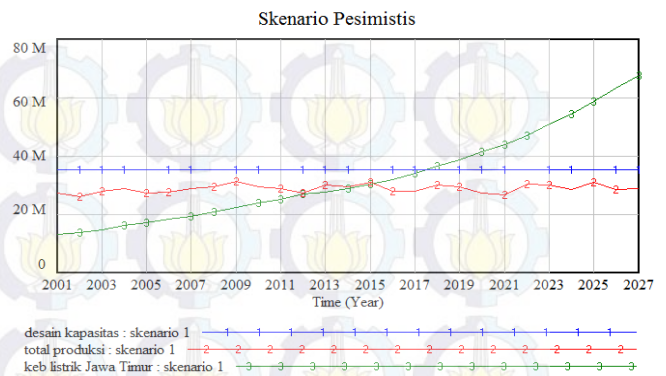
D. Pengembangan Skenario

Pengembangan model sistem dinamik ini merupakan tahap lanjutan setelah *base model* berhasil dibuat. Pada tahap ini akan dilakukan pengembangan dengan cara menambahkan skenario yang mungkin terjadi di masa mendatang. Hal ini bertujuan untuk mengetahui kebutuhan pelanggan dan perlu tidaknya melakukan penambahan kapasitas listrik untuk memenuhi kebutuhan listrik mendatang.

Skenario yang akan dibuat terdiri dari 2 jenis, yaitu skenario parameter dan skenario struktur. Pada skenario parameter ini terdiri dari 3 skenario, yaitu skenario pesimistis, skenario optimis, dan skenario *most-likely*. Kemudian pada skenario struktur, terdapat 2 skenario yaitu penambahan desain kapasitas pembangkit listrik untuk kebutuhan listrik mendatang, dan produksi listrik tiap pembangkit di Jawa Timur. Pada skenario struktur ini akan dilakukan penambahan variabel pembangkit baru.

Pada pengembangan skenario, ada beberapa nilai yang dirubah dan beberapa variabel yang ditambahkan. Perubahan tersebut berlaku pada diatas tahun 2012. Dengan adanya perubahan tersebut, akan berdampak pada pertumbuhan kebutuhan listrik rumah tangga, desain kapasitas, dan produksi listrik tiap pembangkit.

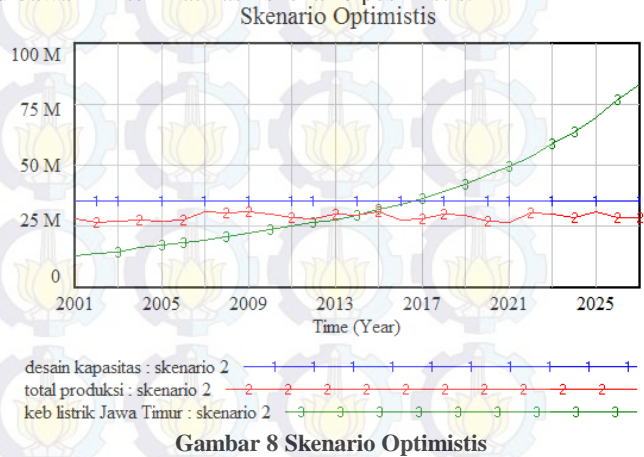
Pada *base model*, rata-rata pertumbuhan kebutuhan listrik di Jawa Timur dari tahun 2001 hingga tahun 2012 adalah 6.76%. Pada skenario pesimistis diprediksikan bahwa rata-rata pertumbuhan kebutuhan listrik Jawa Timur di masa mendatang adalah 6.53%. Pada gambar dibawah ini terlihat hasil skenario pesimistis.



Gambar 7 Skenario Pesimistis

Berdasarkan gambar 7, setelah melakukan skenario pesimistis, desain kapasitas pembangkit hingga tahun 2027 masih belum mencukupi sehingga kebutuhan listrik dari tahun 2018 tidak dapat dapat dipenuhi seluruhnya.

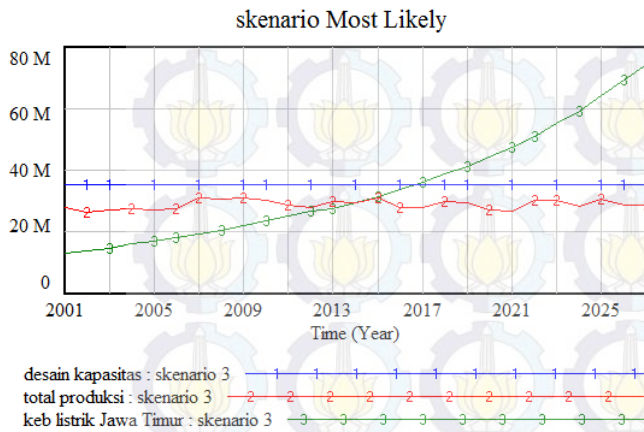
Pada skenario parameter optimistis, rata-rata pertumbuhan kebutuhan listrik Jawa Timur adalah 7.48%. Pada gambar dibawah ini terlihat hasil skenario pesimistis.



Gambar 8 Skenario Optimistis

Berdasarkan gambar 8, desain kapasitas pembangkit saat ini tidak bisa memenuhi kebutuhan listrik hingga tahun 2027. Desain kapasitas ini hanya bisa memenuhi kebutuhan hingga tahun 2016, sedangkan pada tahun 2017 kebutuhan listrik tidak bisa dipenuhi seluruhnya.

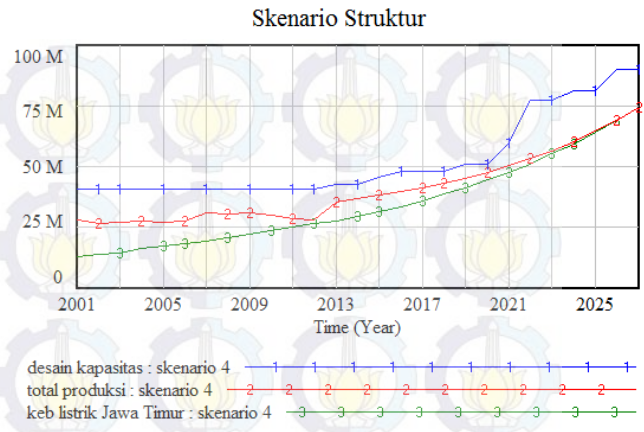
Pada skenario parameter *Most-Likely*, rata-rata pertumbuhan kebutuhan listrik Jawa Timur adalah 6.92%. Pada gambar dibawah ini terlihat hasil skenario pesimistis.



Gambar 9 Skenario Most-Likely

Berdasarkan gambar 9, setelah melakukan skenario *Most Likely*, desain kapasitas pembangkit hingga tahun 2027 masih belum mencukupi sehingga kebutuhan listrik dari tahun 2017 tidak dapat dipenuhi seluruhnya.

Pada skenario parameter Struktur, rata-rata pertumbuhan kebutuhan listrik Jawa Timur adalah 6.92%. Pada skenario parameter Struktur ini dilakukan penambahan variabel yang mengacu pada dokumen Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik (RUPTL) PT PLN (Persero). Pembangkit yang direncanakan akan dibangun di Jawa Timur dan menjadi variabel pada tugas akhir ini adalah PLTU Tanjung awar awar 350 MW tahun 2014, PLTU Tanjung awar awar 2 350 MW tahun 2014, PLTU Madura (FTP2) 2x200 MW tahun 2022, PLTP Ijen 2x55 MW tahun 2019, PLTP Wilis/ngebel 3x55 MW tahun 2020, PLTP Iyang Argopuro 55 MW tahun 2020, PLTGU Grati 350 MW tahun 2015, PLTGU Grati 150 MW tahun 2016, PLTGU Jawa-1 800 MW tahun 2023, PLTA Kalikonto 2 62 MW tahun 2016, PLTA Karangates ext. 100 MW tahun 2018, PLTA Grindulu-ps-3 1000 MW tahun 2021, dan PLTA K.Konto-PS 1000 MW tahun 2027. Tetapi, desain pembangkit tersebut belum mencukupi kebutuhan listrik di Jawa Timur. Oleh karena itu, ditambahkan 3 desain kapasitas pembangkit baru berdasarkan hasil analisis kebutuhan listrik yang telah dilakukan. Tiga desain kapasitas pembangkit baru tersebut adalah PLTU Jawa-2 2x900 MW tahun 2024, PLTGU Jawa-3 550 MW tahun 2025, dan PLTGU Jawa-4 350 MW tahun 2026. Pada gambar dibawah ini terlihat hasil skenario struktur.

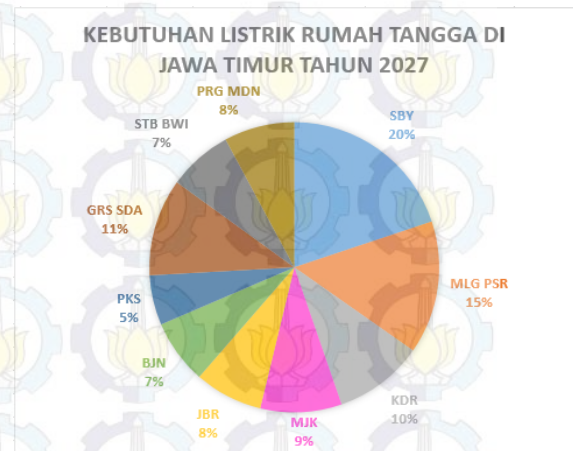


Gambar 10 Skenario Struktur

Berdasarkan gambar 10, setelah melakukan skenario struktur, produksi listrik di Jawa Timur dan desain kapasitas pembangkit mampu memenuhi seluruh kebutuhan listrik Jawa Timur hingga tahun 2027.

E. Hasil Analisis Skenario

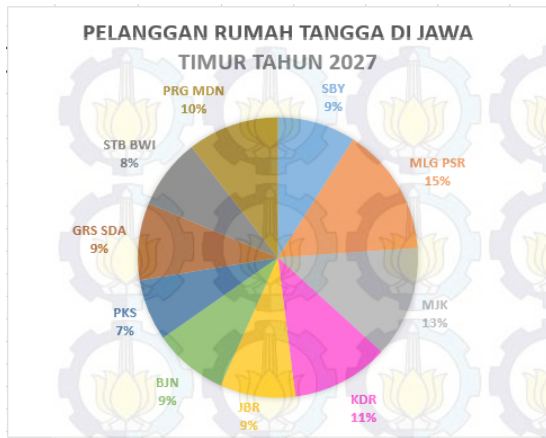
1. Kebutuhan Listrik Rumah Tangga di Jawa Timur



Gambar 11 Kebutuhan Listrik Rumah Tangga di Jawa Timur tahun 2027

Berdasarkan gambar 11, dapat diketahui bahwa sebanyak 20% dari kebutuhan listrik rumah tangga di Jawa Timur berasal dari Surabaya. Hal ini disebabkan oleh banyaknya penduduk di Surabaya, padatnya wilayah Surabaya dengan permukiman, dan tingkat ekonomi yang tinggi sehingga memiliki nilai kebutuhan listrik rumah tangga yang paling banyak dari area lainnya. Area yang memiliki kebutuhan paling sedikit di Jawa Timur adalah Pamekasan dengan jumlah 5% dari total kebutuhan listrik rumah tangga di Jawa Timur.

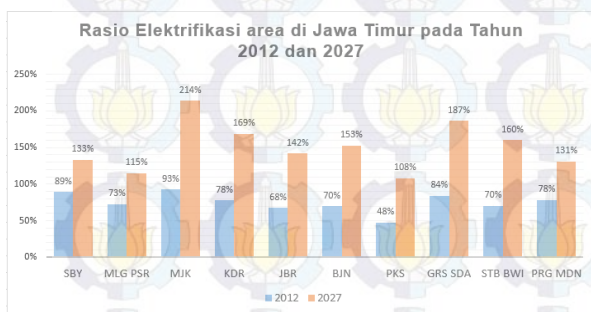
2. Pelanggan Rumah Tangga di Jawa Timur



Gambar 12 Pelanggan Rumah Tangga di Jawa Timur tahun 2027

Berdasarkan gambar 12, pelanggan rumah tangga yang paling banyak pada tahun 2027 adalah Malang Pasuruan (MLG PSR) dengan jumlah 15% dari total pelanggan rumah tangga di Jawa Timur. Hal tersebut dipengaruhi oleh luas wilayah Malang Pasuruan yang paling luas dibandingkan dengan area lainnya. Area yang memiliki pelanggan rumah tangga paling sedikit adalah area Pamekasan (PKS), yaitu sebanyak 7% dari total pelanggan rumah tangga di Jawa Timur. Hal tersebut dikarenakan banyak penduduk yang lebih memilih untuk tinggal di daerah lain dan menetap di daerah lain karena bekerja disana. Sedangkan area Surabaya merupakan area dengan luas wilayah paling kecil di Jawa Timur memiliki jumlah pelanggan sebanyak 9%. Hal tersebut dikarenakan area Surabaya merupakan ibukota Jawa Timur yang memiliki banyak lapangan pekerjaan dan kesempatan untuk mengembangkan bakat dan keterampilan. Oleh karena itu, banyak orang dari daerah lain menetap di Surabaya dan mendaftarkan diri menjadi pelanggan rumah tangga area Surabaya agar rumahnya dapat teraliri listrik.

3. Rasio Elektrifikasi di Jawa Timur



Gambar 13 Rasio Elektrifikasi area di Jawa Timur pada Tahun 2012 dan 2027

Pada gambar 13 sangat terlihat perbedaan antara rasio elektrifikasi di tahun 2012 dan tahun 2027. Pada tahun 2012, seluruh area di Jawa Timur belum ada yang memiliki rasio elektrifikasi sebanyak 100%. Hal tersebut menandakan bahwa pada tahun 2012, belum semua rumah tangga teraliri listrik, bahkan area Pamekasan masih

memiliki rasio elektrifikasi yang rendah, yaitu 48%. Kemudian, berdasarkan hasil skenario *most-likely*, di tahun 2027 seluruh area di Jawa Timur memiliki rasio elektrifikasi melebihi 100%. Hal tersebut menandakan bahwa jumlah rumah yang teraliri listrik lebih banyak dari jumlah rumah tangga yang ada. Jadi seluruh rumah tangga sudah teraliri listrik, bahkan ada beberapa rumah tangga yang memiliki rumah lebih dari satu. Hal tersebut mencerminkan bahwa di masa mendatang perekonomian masyarakat akan semakin membaik.

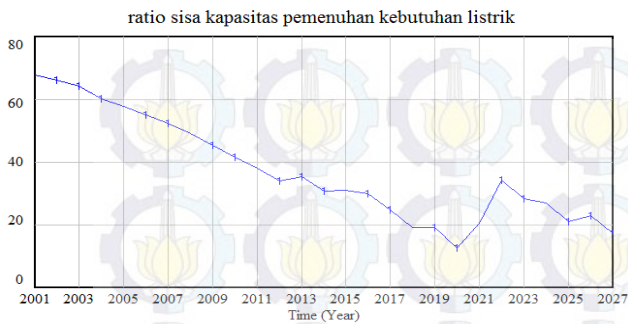
4. Desain Kapasitas Pembangkit di Jawa Timur

Untuk membangun suatu pembangkit listrik diperlukan waktu ≥ 4 tahun tergantung dengan kapasitas pembangkit dan perijinan pembangunan. Oleh sebab itu, sangat diperlukan untuk merencanakan waktu pembangunan dengan baik sehingga pembangkit dapat dioperasikan sesuai dengan waktu yang direncanakan. Berikut ini adalah perencanaan pembangunan pembangkit listrik.

Tabel 4 Desain kapasitas pembangkit di Jawa Timur

No	Pembangkit	Tahun dibuat	Tahun selesai
1	PLTU Tanjung awar awar 2x350 MW	2010	2014
2	PLTU Madura (FTP2) 2x200 MW	2017	2022
3	PLTP Ijen 2x55 MW	2015	2019
4	PLTP Wilis/Ngebel 3x55 MW	2015	2020
5	PLTP Iyang Argopuro 55 MW	2015	2020
6	PLTGU Grati 350 MW	2011	2015
7	PLTGU Grati 150 MW	2012	2016
8	PLTGU Jawa-1 800 MW	2017	2023
9	PLTA Kalikonto 2 62 MW	2011	2016
10	PLTA Karangates ext 100 MW	2013	2018
11	PLTA Grindulu-ps-3 1000 MW	2016	2021
12	PLTA K.Konto-PS 1000 MW	2022	2027
13	PLTU Jawa-2 2x900 MW	2018	2024
14	PLTGU Jawa-3 550 MW	2020	2025
15	PLTGU Jawa-4 350 MW	2021	2026

5. Rasio Sisa Kapasitas Pembangkit untuk Memenuhi Kebutuhan Listrik



Gambar 14 Rasio sisa kapasitas pemenuhan kebutuhan listrik

Berdasarkan gambar 14, terlihat proyeksi sisa kapasitas pembangkit yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan listrik. Sisa kapasitas pembangkit merupakan kapasitas yang masih bisa digunakan untuk memproduksi listrik di masa mendatang. Apabila sisa kapasitas pembangkit masih banyak, hal itu menandakan bahwa desain kapasitas pembangkit itu masih cukup digunakan untuk memproduksi listrik di masa mendatang. Namun, apabila sisa kapasitas pembangkit sedikit berarti, desain kapasitas tersebut tidak cukup di masa depan karena kebutuhan listrik akan selalu meningkat.

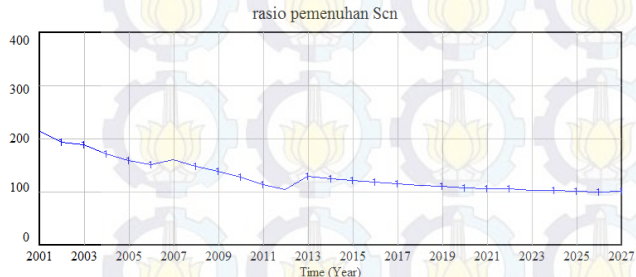
6. Rasio Pengoptimalan Pembangkit di Jawa Timur



Gambar 15 Rasio pengoptimalan pembangkit di Jawa Timur

Berdasarkan gambar 15 tersebut terlihat bahwa rasio pengoptimalan pembangkit listrik tiap tahunnya selalu berubah-ubah. Hal tersebut dipengaruhi oleh kebutuhan listrik dan ketersediaan sumber daya yang ada. Dalam kurun waktu 27 tahun, penggunaan pembangkit listrik dengan sangat optimal, sangat jarang terjadi. Nilai rata-rata pengoptimalan pembangkit listrik adalah 75% hingga 85%, dan berdasarkan proyeksi yang telah dilakukan, pengopimalan pembangkit bernilai mendekati 100% itu akan terjadi pada tahun 2018, 2019, dan 2020.

7. Rasio Pemenuhan Kebutuhan Listrik di Jawa Timur



Gambar 16 Rasio pemenuhan kebutuhan listrik di Jawa Timur

Berdasarkan gambar 16, terlihat bahwa pada tahun 2001 hingga tahun 2011 rasio pemenuhan kebutuhan listrik di Jawa Timur melebihi 100%, berarti pada tahun 2001 hingga tahun 2011, hasil produksi listrik melebihi kebutuhan listrik yang ada. Berdasarkan data statistik PLN, hasil produksi listrik dari suatu daerah yang tidak digunakan seluruhnya, dapat didistribusikan ke wilayah provinsi lain untuk membantu memenuhi kebutuhan listrik pada provinsi tersebut. Kemudian Pada tahun 2012, rasio pemenuhan kebutuhan listrik di Jawa Timur, mencapai nilai 100%, hal tersebut menandakan bahwa antara produksi listrik dan kebutuhan listrik seimbang. Pada proyeksi rasio pemenuhan kebutuhan listrik tahun 2013 hingga tahun 2027, rasio pemenuhan listrik juga berada pada nilai $\geq 100\%$, berarti selama tahun tersebut, kemungkinan adanya kebutuhan listrik yang tidak terpenuhi sangat sedikit.

V. KESIMPULAN

Adapun beberapa hal yang dapat disimpulkan dalam pengerjaan Tugas Akhir ini sebagai berikut :

1. Urutan kebutuhan listrik rumah tangga berdasarkan *base model* dengan jumlah paling banyak hingga paling sedikit di tahun 2012 sebagai berikut Surabaya (2298940 MWh), Malang Pasuruan (1469180 MWh), Kediri (883968 MWh), Mojokerto (879062 MWh), Ponorogo Madiun (873613 MWh), Gresik Sidoarjo (837564 MWh), Jember (653173 MWh), Bojonegoro (647729 MWh), Situbondo Banyuwangi (564223 MWh), dan Pamekasan (468239 MWh). Dimana perbedaan kebutuhan listrik tersebut dipengaruhi oleh jumlah pelanggan, daya tersambung, jam nyala, dan kondisi geografis.
2. Urutan total kebutuhan listrik berdasarkan skenario *most-likely* dengan jumlah paling banyak hingga paling sedikit di tahun 2027 sebagai berikut Surabaya (4341750 MWh), Malang Pasuruan (3238110 MWh), Gresik Sidoarjo (2368450 MWh), Kediri (2177770 MWh), Mojokerto (1982930 MWh), Ponorogo Madiun (1714650 MWh), Jember (1660760 MWh), Situbondo Banyuwangi (1566020 MWh), Bojonegoro (1565620 MWh), dan Pamekasan (1214020 MWh).
3. Jumlah pelanggan rumah tangga yang paling banyak pada tahun 2027 adalah Malang Pasuruan (MLG PSR) dengan jumlah 15% dari total pelanggan rumah tangga di Jawa Timur. Hal tersebut dipengaruhi oleh luas wilayah Malang Pasuruan yang paling luas dibandingkan dengan area lainnya. Area yang memiliki pelanggan rumah tangga paling sedikit adalah area Pamekasan (PKS), yaitu sebanyak 7% dari total pelanggan rumah tangga di Jawa Timur.
4. Pada skenario optimistis, rasio elektrifikasi dapat mencapai 100% di semua area pada tahun 2020, sedangkan pada skenario pesimistis dan *most-likely* ada beberapa area yang belum mencapai 100% di tahun 2020. Area-area yang belum mencapai 100% pada skenario *pesimistis* adalah Surabaya (86%),

Malang Pasuruan (56%), Mojokerto (88%), Kediri (72%), Jember (87%), Bojonegoro (63%), Pamekasan (69%), dan Gresik Sidoarjo (85%). Area-area yang belum mencapai 100% pada skenario *most-likely* adalah Malang Pasuruan (89%), Jember (98%), dan Pamekasan (69%).

5. Kapasitas pembangkit saat ini tidak cukup untuk memenuhi kebutuhan listrik di tahun 2017. Agar bisa memenuhi kebutuhan di masa mendatang, maka diperlukan penambahan kapasitas pembangkit. Penambahan kapasitas pembangkit dilakukan dengan cara membangun pembangkit PLTU Tanjung awar awar 2x350 MW, PLTU Madura (FTP2) 2x200 MW, PLTP Ijen 2x55 MW, PLTP Wilis/Ngebel 3x55 MW, PLTP Iyang Argopuro 55 MW, PLTGU Grati 350 MW, PLTGU Grati 150 MW, PLTGU Jawa-1 800 MW, PLTA Kalikonto 2 62 MW, PLTA Karangates ext 100 MW, PLTA Grindulu-ps-3 1000 MW, dan PLTA K.Konto-PS 1000 MW ((PT PLN (Persero), 2013)). Tetapi kapasitas pembangkit baru tersebut belum dapat memenuhi kebutuhan listrik seluruh area, sehingga diperlukan tambahan perencanaan kapasitas pembangkit. Kapasitas pembangkit tambahan ini disusun berdasarkan jumlah kekurangan persediaan listrik dan mengacu pada desain kapasitas yang sudah ada. Usulan kapasitas pembangkit tambahan tersebut yaitu sebagai berikut: PLTU Jawa-2 2x900 MW, PLTGU Jawa-3 550 MW, dan PLTGU Jawa-4 350 MW Desain kapasitas yang baru ini mampu memenuhi kebutuhan listrik hingga tahun 2027.
6. Untuk memenuhi kebutuhan listrik di Jawa Timur, masing-masing pembangkit harus meningkatkan hasil produksinya untuk tahun 2012 ke atas. Pada produksi PLTA pertumbuhan produksi meningkat sebanyak 0.064, produksi PLTU meningkat sebanyak 0.004, produksi PLTGU meningkat sebanyak 0.003, dan produksi PLTG meningkat sebanyak 0.14.
7. Penggunaan pembangkit listrik dengan sangat optimal, sangat jarang terjadi. selama 12 tahun (2001 – 2012) rata-rata pengoptimalan pembangkit listrik adalah 75% hingga 85%. Berdasarkan proyeksi yang telah dilakukan, pengoptimalan pembangkit bernilai hampir 100% itu akan terjadi pada tahun 2018, 2019, dan 2020.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] PT PLN (Persero). (2012). *Statistik PLN*. Jakarta: Sekretariat PT PLN (Persero).
- [2] Statistik, B. P. (2010). *Provinsi Jawa Timur*. Retrieved from <http://sp2010.bps.go.id/index.php/site?id=35&wilayah=jawa-timur>
- [3] DPRD Provinsi Jawa Timur. (2011, January 10). *Dampak Pembangunan perumahan, Jatim Terancam Kehilangan Lahan Pertanian*. Retrieved from dprd.jatimprov.go.id: <http://dprd.jatimprov.go.id/berita/id/1512/-dampak-pembangunan-perumahan-jatim-terancam-kehilangan-lahan-pertanian->
- [4] PT. PLN (Persero). (2013). *Statistik 2013*. Jakarta: Sekretariat Perusahaan PT. PLN (Persero).
- [5] Badan Pusat Statistik Jawa Timur. (2013). *Statistik Daerah Provinsi Jawa Timur*. Retrieved from http://jatim.bps.go.id/index.php?hal=publikasi_detil&id=2
- [6] Sorasalmi, T. (2012). *Dynamic Modeling of Household Electricity*. Espoo: Aalto University, School of Electrical Engineering, Department of Automation and Systems Technology.
- [7] Sorasalmi, T. (2012, August 13). *Master's Thesis: Dynamic Modeling of Household Electricity*. Retrieved from <http://lib.tkk.fi/http://lib.tkk.fi/Dipl/2012/urn100659.pdf>
- [8] Ford, A. (1997). *System Dynamics and the Electric Power Industry*. Retrieved from <http://public.wsu.edu/~forda/SDSpring97.pdf>
- [9] Axela, O., & Suryani, E. (2012). *Aplikasi Model Sistem Dinamik untuk Menganalisis Permintaan dan Ketersediaan Listrik Sektor Industri (Studi Kasus: Jawa Timur)*. Surabaya: JURNAL TEKNIK ITS.
- [10] Law, A. M., & Kelton, W. D. (1991). *Simulation Modelling and Analysis*. McGraw-Hill.
- [11] Wishart, J. D. (2008). *Modelling, Simulation, Testing, and Optimization of Advanced Hybrid*. Canada.
- [12] Maria, A. (1997). *Introduction to Modeling And Simulation*. New York, United States of America.
- [13] Erma Suryani, R. A. (2011, September). *Simulasi Perubahan Peringkat Webometric Indonesia yang Dipengaruhi Kondisi Keuangan Institusi Pendidikan (Studi Kasus : ITS)*. *Jurnal Sistem Informasi*, 4(1), 1 - 10.