PERCOBAAN 3 – TUGAS BESAR

Ahmad Aziz (13220034)

Rafid Ahmad Rabbani (13222004)

Chessy Anggraini Putri Hendarsyah (13222084)

Farhan Revandi Suhirman (13222096)

Rafi Ananta Alden (13222087)

Asisten: Ganesha Indrayana Kusuma, Yoga Wijanarko

Tanggal Percobaan: 19/05/2025

EL3017 – Sistem Tenaga Elektrik

Laboratorium Dasar Teknik Elektro - Sekolah Teknik Elektro dan Informatika ITB

Abstrak

Abstrak menjelaskan secara singkat percobaan apa yang telah dilakukan, bagaimana percobaan tersebut dilakukan dan hasil (kesimpulan) yang diperoleh. Tiga hingga lima kata/ kelompok kata penting yang menjadi subjek bahasan di dalam laporan ini dituliskan pada Kata kunci.

Kata kunci: Laporan, format, panduan.

1. Pendahuluan

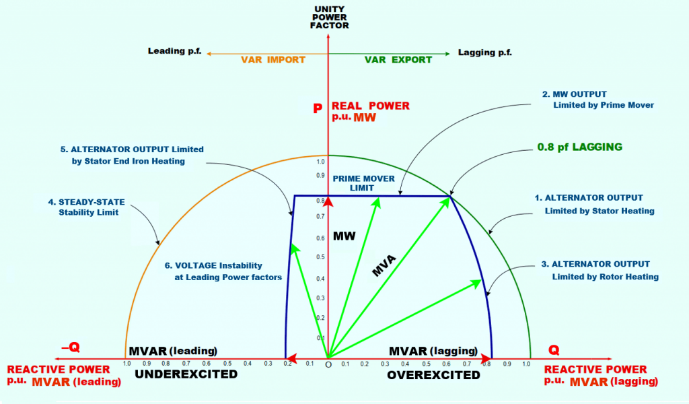
Dalam modul praktikum ini, praktikan diminta untuk merancang dan menyimulasikan sistem tenaga listrik untuk memenuhi kebutuhan beban di suatu kota dengan mempertimbangkan berbagai parameter dan batasan yang ditentukan. Percobaan dalam modul ini dilakukan dengan menggunakan MATLAB Simulink dan SimPowerSystems™ untuk memodelkan jaringan distribusi, menganalisis aliran daya (*load flow*), serta mengevaluasi kinerja sistem dalam kondisi normal dan darurat. Praktikan akan mempelajari karakteristik pembangkit listrik (PLTP, PLTU, PLTA, PLTB), distribusi beban berdasarkan waktu operasional, serta teknik-teknik optimasi untuk menjaga stabilitas tegangan dan faktor daya dalam sistem yang dirancang.

Fokus percobaan dalam modul ini meliputi penjadwalan beban, penentuan kapasitas saluran dan trafo, serta analisis gangguan simetris untuk mengantisipasi gangguan pada sistem. Selain itu, praktikan akan merancang strategi operasi pembangkit dalam berbagai skenario, terutama kondisi darurat ketika hanya beban prioritas yang disuplai. Melalui praktikum ini, praktikan diharapkan agar mampu memahami prinsip perencanaan sistem tenaga listrik, menerapkan studi aliran daya, dan mengembangkan solusi berbasis simulasi sebagai bekal dalam memecahkan permasalahan rekayasa di dunia nyata, terutama mengenai sistem tenaga elektrik.

1. Studi Pustaka

## Analisis Aliran Daya

Analisis aliran daya, umumnya dikenal sebagai studi aliran beban, adalah perhitungan penting dalam perencanaan, penjadwalan ekonomi, dan kontrol sistem tenaga listrik yang ada serta perencanaan ekspansinya di masa depan, [1]. Studi ini bertujuan menentukan besaran dan sudut fasa tegangan pada setiap bus serta aliran daya aktif dan reaktif pada setiap jalur dalam sistem tenaga listrik dalam kondisi operasi tunak (*steady state*). Informasi yang diperoleh dari studi aliran daya sangat dibutuhkan guna mengevaluasi performansi sistem tenaga dan menganalisis kondisi pembangkitan atau pun pembebanan. Permasalahan mendasar yang dipecahkan adalah menemukan aliran daya pada setiap saluran dan transformator di jaringan, serta besar tegangan dan sudut fasa pada setiap busbar setelah data konsumsi daya pada titik-titik beban dan produksi daya pada sisi generator diketahui.



Gambar 2-1-1 Kurva Kapabilitas Daya, [2]

Pada setiap bus dalam sistem tenaga listrik, terdapat empat besaran utama:

1. Daya aktif (P) dengan satuan Megawatt (MW).
2. Daya reaktif (Q) dengan satuan Megavolt-Ampere-Reaktif (MVAR).
3. Harga skalar tegangan (∣V∣).
4. Sudut fasa tegangan (θ).

Dalam studi aliran daya, pada setiap bus hanya dua dari empat besaran ini yang ditentukan, sementara dua besaran lainnya merupakan hasil perhitungan, [3].

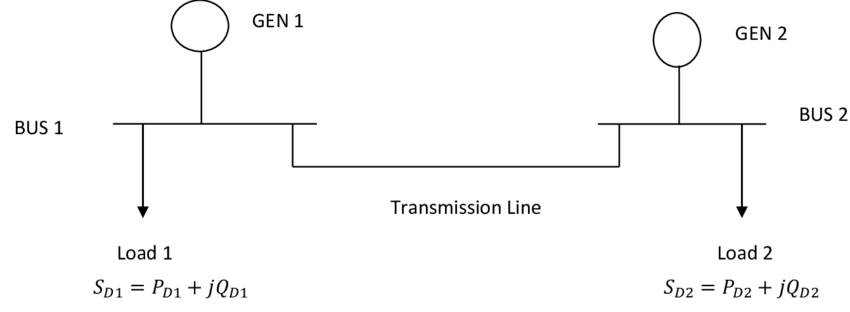
Hubungan antara daya, tegangan, dan arus dalam bentuk kompleks dapat dinyatakan sebagai:

di mana S adalah daya semu (kompleks), V adalah tegangan kompleks, dan I∗ adalah konjugat arus kompleks.

Dalam analisis sistem tenaga listrik, busbar diklasifikasikan menjadi tiga jenis berdasarkan besaran yang diketahui:

1. ***Slack Bus* (*Swing Bus* atau Bus Referensi):** Pada bus ini, besaran tegangan (∣V∣) dan sudut fasa tegangan (θ) ditentukan. *Slack bus* berfungsi sebagai penyeimbang sistem yang menyuplai kekurangan atau menyerap kelebihan daya aktif (P) dan daya reaktif (Q), termasuk rugi-rugi daya pada saluran transmisi, karena rugi-rugi ini baru diketahui setelah solusi aliran daya diperoleh.
2. **Bus Generator (PV Bus atau *Voltage Controlled Bus*):** Pada bus ini, daya aktif (P) dan harga skalar tegangan (∣V∣) ditentukan. Daya reaktif (Q) dan sudut fasa tegangan (θ) dihitung. Bus ini biasanya mewakili terminal generator yang mengontrol tegangan pada bus tersebut.

**Bus Beban (PQ Bus atau *Load Bus*):** Pada bus ini, daya aktif (P) dan daya reaktif (Q) yang dikonsumsi beban ditentukan (biasanya bernilai negatif dalam persamaan aliran daya karena daya mengalir keluar dari bus). Harga skalar tegangan (∣V∣) dan sudut fasa tegangan (θ) dihitung.



Gambar 2-3-1 Bus Ganda dalam STE, [3]

## Hubung Singkat

1. Perancangan Sistem

## Langkah Percobaan

## Parameter Komponen

### Generator

1. PLTU
2. PLTP
3. PLTA
4. PLTB

### Transformator

1. Trafo 20kV/70kV
2. Trafo 70kV/230kV
3. Trafo 230kV/70kV
4. Trafo 70kV/20kV
5. Trafo 20kV/380V

### Saluran Transmisi

1. *Line* PLTP – Gardu 1
2. *Line* PLTU – Gardu 2
3. *Line* PLTA – Gardu 3
4. *Line* PLTB – Gardu 4

### Saluran Transmisi Antargardu

1. *Line* Gardu 1 – Gardu 2
2. *Line* Gardu 1 – Gardu 4
3. *Line* Gardu 2 – Gardu 4
4. *Line* Gardu 1 / Gardu 2 / Gardu 3 – Gardu 4

### Beban

1. Rumah Tangga

* Tegangan 380 V
* Beban ini diasumsikan digunakan secara konstan pada rentang waktu tertentu: (05.00-17.00 ; 17.00-22.00 ; 22.00-05.00).
* Perbandingan Beban RT : 20 : 40 : 17 : 7 : 6

Tabel 3.2.5-1 Beban Rumah Tangga

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | **Televisi** | **Lampu** | **Kulkas** | **AC** | **Dispenser** | **Pemanas Air** | **PC** |
| Beban RT-1 | 1 | 3 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| Beban RT-2 | 2 | 5 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| Beban RT-3 | 2 | 10 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Beban RT-4 | 3 | 15 | 1 | 2 | 1 | 1 | 2 |
| Beban RT-5 | 4 | 20 | 3 | 3 | 2 | 2 | 3 |

1. Industri & Komersial

* Tegangan 20 kV
* Beban ini diasumsikan digunakan secara konstan pada rentang waktu tertentu: (05.00-17.00 ; 17.00-22.00 ; 22.00-05.00).

1. Prioritas
2. Publik & Sosial
3. Hasil dan Analisis

## Pertanyaan 1 – Perbandingan KK

Tabel 4-1-1 Perbandingan Beban RT – Jumlah KK

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| No. | Keterangan | Perbandingan | Daya Total (W) | Faktor | Jumlah KK Ternormalisasi |
| 1 | RT 1 | 20 | 215 | 0,093 | 65100 |
| 2 | RT 2 | 40 | 545 | 0,073 | 51100 |
| 3 | RT 3 | 17 | 970 | 0,018 | 12600 |
| 4 | RT 4 | 7 | 1625 | 0,004 | 2800 |
| 5 | RT 5 | 6 | 2800 | 0,002 | 1400 |
| 6 | Total | 90 | 6155 | 0,19 | 133000 |

## Pertanyaan 2 – Jadwal Beban

Tabel 4-2-1 Jadwal Operasi Generator Periode 05.00 – 17.00

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| No. | Generator | Kapasitas (MW) | Daya Total (MVA) |
| 1 | PLTP | 80 | 72 |
| 2 | PLTU | 100 | 90 |
| 3 | PLTA | 0 | 0 |
| 4 | PLTB | 0 | 0 |
| 5 | Total | 180 | 162 |

Tabel 4-2-2 Jadwal Operasi Generator Periode 17.00 – 22.00

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| No. | Generator | Kapasitas (MW) | Daya Total (MVA) |
| 1 | PLTP | 80 | 72 |
| 2 | PLTU | 100 | 90 |
| 3 | PLTA | 30 | 27 |
| 4 | PLTB | 10 | 9 |
| 5 | Total | 220 | 198 |

Tabel 4-2-3 Jadwal Operasi Generator Periode 22.00 – 05.00

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| No. | Generator | Kapasitas (MW) | Daya Total (MVA) |
| 1 | PLTP | 80 | 72 |
| 2 | PLTU | 100 | 90 |
| 3 | PLTA | 30 | 27 |
| 4 | PLTB | 10 | 9 |
| 5 | Total | 220 | 198 |

Tabel 4-2-1 Jadwal Beban Periode 05.00 – 17.00

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| No. | Beban | S (VA) | P (W) | Q (VAR) |
| 1 | Rumah tangga | 1,74E+07 | 1,57E+07 | 7,59E+06 |
| 2 | Industri-komersial | 7,91E+07 | 7,12E+07 | 3,45E+07 |
| 3 | Prioritas | 5,28E+06 | 4,75E+06 | 2,30E+06 |
| 4 | Publik & sosial | 2,32E+06 | 2,09E+06 | 1,01E+06 |
| 5 | Total | 1,04E+08 | 9,37E+07 | 4,54E+07 |

Tabel 4-2-2 Jadwal Beban Periode 17.00 – 22.00

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| No. | Beban | S (VA) | P (W) | Q (VAR) |
| 1 | Rumah tangga | 6,95E+07 | 6,25E+07 | 3,03E+07 |
| 2 | Industri-komersial | 7,26E+07 | 6,53E+07 | 3,16E+07 |
| 3 | Prioritas | 5,28E+06 | 4,75E+06 | 2,30E+06 |
| 4 | Publik & sosial | 3,32E+06 | 2,99E+06 | 1,45E+06 |
| 5 | Total | 1,51E+08 | 1,36E+08 | 6,57E+07 |

Tabel 4-2-3 Jadwal Beban Periode 22.00 – 05.00

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| No. | Beban | S (VA) | P (W) | Q (VAR) |
| 1 | Rumah tangga | 3,09E+07 | 2,78E+07 | 1,35E+07 |
| 2 | Industri-komersial | 6,76E+07 | 6,08E+07 | 2,95E+07 |
| 3 | Prioritas | 5,28E+06 | 4,75E+06 | 2,30E+06 |
| 4 | Publik & sosial | 2,00E+06 | 1,80E+06 | 8,72E+05 |
| 5 | Total | 1,06E+08 | 9,52E+07 | 4,61E+07 |

## Pertanyaan 3 – Kapasitas *Line* dan Trafo

## Pertanyaan 4 – Kasus Darurat

## Pertanyaan 5 – Desain *Line* dan Trafo

## Pertanyaan 6 – Analisis *Symmetrical Fault*

## Pertanyaan 7 – Desain Kapasitas Pembangkit Lain (Kondisi 1)

## Pertanyaan 7 – Desain Kapasitas Pembangkit Lain (Kondisi 2)

## Pertanyaan 7 – Desain Kapasitas Pembangkit Lain (Kondisi 1 & 2)

1. Kesimpulan

## Pertanyaan 1 – Perbandingan KK

## Pertanyaan 2 – Jadwal Beban

## Pertanyaan 3 – Kapasitas *Line* dan Trafo

## Pertanyaan 4 – Kasus Darurat

## Pertanyaan 5 – Desain *Line* dan Trafo

## Pertanyaan 6 – Analisis *Symmetrical Fault*

## Pertanyaan 7 – Desain Kapasitas Pembangkit Lain (Kondisi 1)

## Pertanyaan 7 – Desain Kapasitas Pembangkit Lain (Kondisi 2)

## Pertanyaan 7 – Desain Kapasitas Pembangkit Lain (Kondisi 1 & 2)

Daftar Pustaka

1. Laboratorium Sistem Kendali dan Komputer, Sekolah Teknik Elektro dan Informatika, Institut Teknologi Bandung, *Petunjuk Praktikum Sistem Tenaga Elektrik EL3217*. Bandung: Institut Teknologi Bandung, 2025.
2. <https://electengmaterials.com/what-is-generator-capability-curve/>, 25-04-2025, 09:50.
3. <https://www.researchgate.net/figure/Two-bus-electric-power-system_fig1_284511404> , 25-04-2025, 09:55.

Lampiran

1. *Logbook* 1 -Status Kehadiran dalam Diskusi/Asistensi

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| No. | Nama (NIM) | Pertemuan 1 | Pertemuan 2 | Pertemuan 3 |
| 1 |  |  |  |  |
| 2 |  |  |  |  |
| 3 |  |  |  |  |
| 4 |  |  |  |  |
| 5 | Rafi Ananta Alden | Hadir |  |  |

1. *Logbook* 2 – Topik Diskusi

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Pertemuan ke- | Waktu Pelaksanaan | Hasil Diskusi |
| 1 | 14/05/25 | Pertemuan perdana (pendalaman spesifikasi tugas, *brainstorm* prosedur pengerjaan tugas, pembagian *jobdesk* perdana: merancang sistem untuk tiap rentang waktu) |
|  |  |  |
|  |  |  |

1. *Logbook* 3 – Pembagian Tugas per Anggota

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| No. | Nama | NIM | Peran |
| 1 |  |  |  |
| 2 |  |  |  |
| 3 |  |  |  |
| 4 |  |  |  |
| 5 | Rafi Ananta Alden | 13222087 |  |