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

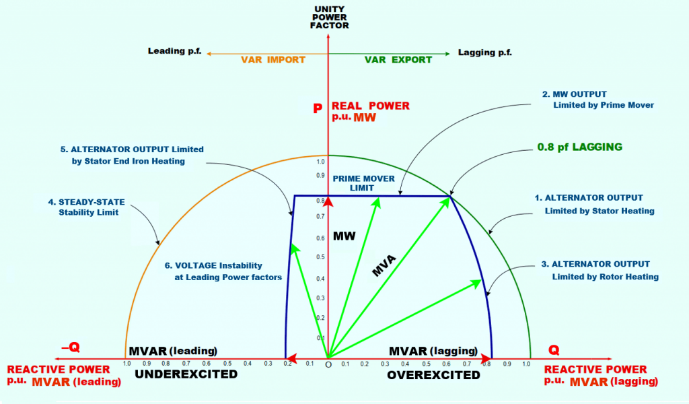
Pada Modul Tubes Besar, dilakukan perancangan dan simulasi sistem tenaga listrik untuk memenuhi kebutuhan beban di suatu kota dengan mempertimbangkan berbagai parameter dan batasan yang telah ditentukan. Percobaan dalam modul ini dilakukan dengan menggunakan MATLAB Simulink dan SimPowerSystems™ untuk memodelkan jaringan distribusi, menganalisis aliran daya (*load flow*), serta mengevaluasi kinerja sistem dalam kondisi normal dan darurat. Modul ini bertujuan untuk memahami 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].

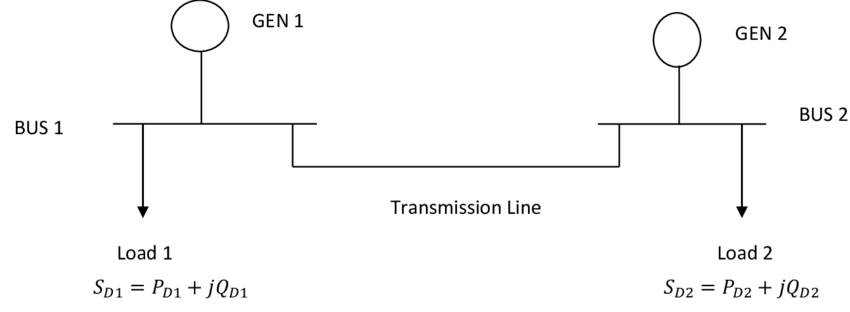
Hubungan antara daya, tegangan, dan arus dalam bentuk kompleks dapat dinyatakan sebagai:

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

Hubung singkat (short circuit) adalah kondisi dalam rangkaian listrik di mana arus listrik mengalir melalui jalur dengan hambatan paling kecil atau arus listrik mengalir pada jalur yang tidak diinginkan dan lebih pendek, alih-alih mengikuti jalur rangkaian yang semestinya [4]. Pada studi analisis short circuit diamati perubahan besar arus-arus yang mengalir melalui saluran-saluran pada sistem tenaga pada saat sebuah gangguan hubung singkat terjadi hingga besar arus tersebut mencapai kondisi mantapnya [1].

Studi analisis short circuit penting untuk merancang sistem proteksi yang dapat mendeteksi, memutus, dan mengisolasi gangguan untuk memastikan bahwa sistem tenaga dapat mengatasi gangguan secara aman tanpa merusak peralatan atau membahayakan keselamatan manusia. Cara menanggulangi kejadian short circuit yang terjadi pada suatu sistem tenaga adalah dengan memutuskan sirkuit saat terjadi gangguan dan mengisolasi gangguan secepat mungkin. Hal ini dilakukan untuk mengurangi kerusakan besar pada peralatan. Terdapat beberapa peragkat yang dapat digunakan seperti:

* Pemutus sirkuit (circuit breaker) untuk memutus arus saat gangguan.
* Relay proteksi untuk mendeteksi gangguan lebih cepat.
* Sekring (fuse) untuk perlindungan tambahan.
* Perangkat Proteksi Daya Petir (Lighting Power Protection Devices) untuk melindungi sistem dari sambaran petir dan lonjakan tegangan.

Symmetrical Fault

Ganngguan simetris (Symmetrcical fault) adalah gangguan yang semua fasa mengalami hubung singkat satu sama lain, sehingga gagguinan jenis ini seimbang dalam arti sistem tetap simetris atau dapat dikatakan salauran bergeser dengan sudut yang sama (yaitu 120° pada saluran tiga fasa) [5]. Gangguan simetris biasanya disebabkan oleh kondisi ekstrem atau kerusakan serius dalam sistem tenaga Listrik, seperti peti yang menyambar langsung ke saluran transmisi, kerusakan besar pada perakatan seperti trafo atau generator, dan kecelakaan mekanis seperti tiang tumbang atau kabel saling menyentuh antar fasa.

Jenis-jenis Symmetrical Fault

1. L – L – L Fault (Gangguan Tiga Fasa)

Gangguan ini merupakan gangguan simetris, artinya sistem tetap seimbang setelah gangguan terjadi. Meskipun jarang terjadi, gangguan ini termasuk yang paling parah karena menghasilkan arus hubung singkat terbesar [6].

Unsymmetrical Fault

Gangguan tak simetris (Unsymmetrical faults) adalah gangguan yang hanya memengaruhi satu atau dua fasa dalam sistem tenaga listrik, sehingga menyebabkan ketidakseimbangan pada saluran tiga fasa [7].

Jenis-jenis unsymmetrical fault

1. Single Line-to-Ground (L – G) Fault

Gangguan satu fasa ke tanah terjadi saat satu konduktor menyentuh tanah secara langsung, misalnya karena kabel putus dan jatuh ke tanah.

1. Line-to-Line (L – L) Fault

Gangguan antar dua fasa ini terjadi ketika dua konduktor saling bersentuhan, biasanya karena angin kencang atau kondisi lingkungan ekstrem.

1. Double Line-to-Ground (L – L – G) Fault

Pada jenis gangguan ini, dua konduktor (fasa) bersentuhan dengan tanah secara bersamaan, baik secara langsung maupun melalui media penghantar seperti pohon, air, atau struktur logam.

1. Perancangan Sistem

## Langkah Percobaan

## Batasan

1. Kota terbagi menjadi 4 Region berdasarkan jenis bebannya.
2. Kota memiliki 4 gardu yang masing-masing terhubung dengan setiap region beban. Gardu 1 terhubung dengan beban 1. Gardu 2 terhubung dengan beban 2. Gardu 3 terhubung dengan beban 3. Gardu 4 terhubung dengan beban 4.
3. Tegangan keluaran untuk semua gardu adalah 20 kV.
4. Setiap Beban dengan V=380 V, memiliki jarak 3km dari gardu awal Tegangan 20kV.
5. Setiap Beban dengan V=20 kV, diasumsikan tidak berjarak dari Gardu awal Tegangan 20kV.
6. Untuk Beban 1,3,4 = V min 0,96 pu.
7. Untuk Beban 2 = V min 0,98 pu dengan PF > 0.85.
8. Boleh menempatkan Capacitor Bank pada Jaringan Tegangan 20 kV.

## Parameter Komponen

### Generator

Tabel 3-2-1-1 Parameter Generator

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Generator** | **Kapasitas (MW)** | **Mode Operasi** | **Waktu** | | |
| **05.00-17.00** | **17.00-22.00** | **22.00-05.00** |
| PLTP | 80 | Swing | ON | ON | ON |
| PLTU | 100 | PV | ON | ON | ON |
| PLTA | 30 | Swing | OFF | ON | ON |
| PLTB | 10 | PV | OFF | ON | ON |

### Transformator

Tabel 3-2-2-1 Parameter Trafo

|  |  |
| --- | --- |
| **Trafo** | **Nama Trafo** |
|  |
| Trafo 20 kV/ 70kV |  |  |
| Trafo 70 kV/ 230kV |  |  |
| Trafo 230 kV/ 70kV |  |  |
| Trafo 70 kV/ 20kV |  |  |
| Trafo 20 kV/ 0.38kV |  |  |

### Saluran Transmisi

Tabel 3-2-3-1 Prameter Saluran Transmisi

|  |  |
| --- | --- |
| **Saluran Transmisi** | **Jarak (km)** |
| *Line* PLTP – Gardu 1 | 100 |
| *Line* PLTU – Gardu 2 | 100 |
| *Line* PLTA – Gardu 3 | 50 |
| *Line* PLTB – Gardu 4 | 20 |

### Saluran Transmisi Antargardu

Tabel 3-2-3-2 Prameter Saluran Transmisi Antargardu

|  |  |
| --- | --- |
| **Saluran Transmisi** | **Jarak (km)** |
| *Line* Gardu 1 – Gardu 2 | 20 |
| *Line* Gardu 1 – Gardu 4 | 20 |
| *Line* Gardu 2 – Gardu 4 | 20 |
| *Line* Gardu 1 / Gardu 2 / Gardu 3 – Gardu 4 | 5 |

### 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).

Tabel 3-2-5-2 Beban Industri dan Komersial

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Beban** | **Jumlah Pelanggan** | **Daya (VA)** |
| Industri Kecil | 3000 | 2200 |
| Industri Sedang | 1000 | 50000 |
| Industri Besar | 50 | 200000 |
| UKM | 5000 | 13000 |
| Restoran - Toko | 1000 | 5000 |
| Mall dan Hotel | 20 | 50000 |

1. Prioritas

* Tegangan 20 kV
* Beban ini beroperasi selama 24 jam

Tabel 3-2-5-3 Beban Prioritas

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Beban** | **Jumlah Pelanggan** | **Daya (VA)** |
| Rumah Sakit | 20 | 50000 |
| Pusat Server Data | 5 | 5000 |
| Kantor Lembaga Negara | 10 | 100000 |
| Istana Negara | 1 | 1000000 |
| Pangkalan Militer | 3 | 750000 |

1. Publik & Sosial

* 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).

Tabel 3-2-5-4 Beban Pubik dan Sosial

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Beban** | **Jumlah Pelanggan** | **Daya (VA)** |
| Rumah Ibadah | 200 | 6600 |
| Sekolah dan Universitas | 100 | 10000 |
| Penerangan Jalan Umum | 20000 | 100 |

1. 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 4-2-4 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 4-2-5 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 4-2-6 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 |

Tabel 4-2-7 Hasil Simulasi *Load Flow* Periode 05.00 – 17.00

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| No. | Beban | V (pu) | PF | P (MW) | Q (MVAR) |
| 1 | Industri besar | 1.1289 | 0.6688 | 1.1471 | 0.5557 |
| 2 | Industri kecil | 1.129 | 0.6685 | 0.7571 | 0.3671 |
| 3 | Industri sedang | 1.1288 | 0.6713 | 5.7343 | 2.778 |
| 4 | Istana negara | 1.1616 | 0.6864 | 0.1214 | 0.0588 |
| 5 | Kantor lembaga | 1.1616 | 0.6864 | 0.1214 | 0.0588 |
| 6 | Mall dan hotel | 1.129 | 0.6682 | 0.1147 | 0.0556 |
| 7 | Pangkalan militer | 1.1616 | 0.6865 | 0.2739 | 0.1324 |
| 8 | PLTP | 1 | 0 | 28.2382 | 1068.1 |
| 9 | PLTU | 1 | 5.5101 | 100 | -1172 |
| 10 | Pusat server data | 1.1616 | 0.6864 | 0.003 | 0.0015 |
| 11 | Restoran-toko | 1.129 | 0.6684 | 0.5735 | 0.2779 |
| 12 | RT 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 13 | RT 2 | 1.1117 | 2.2402 | 1.2729 | 0.6154 |
| 14 | RT 3 | 1.1619 | 1.0851 | 0.4968 | 0.2403 |
| 15 | RT 4 | 1.1842 | 0.5691 | 0.1269 | 0.0614 |
| 16 | RT 5 | 1.1842 | 0.5683 | 0.1262 | 0.0611 |
| 17 | Rumah ibadah | 1.1493 | 0.7289 | 0.1572 | 0.076 |
| 18 | Rumah sakit | 1.1616 | 0.6864 | 0.1214 | 0.0588 |
| 19 | UKM | 1.129 | 0.6685 | 0.7456 | 0.3607 |
| 20 | Universitas dan sekolah | 1.1516 | 0.6745 | 0.1194 | 0.0578 |

Tabel Hasil Simulasi *Load Flow* Periode 17.00 – 22.00

Tabel Hasil Simulasi *Load Flow* Periode 22.00 – 05.00

## 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)

Tabel Jawaban Pertanyaan 7 – Hasil Simulasi *Load Flow* Periode 05.00 – 17.00

Tabel Jawaban Pertanyaan 7 – Hasil Simulasi *Load Flow* Periode 17.00 – 22.00

Tabel Jawaban Pertanyaan 7 – Hasil Simulasi *Load Flow* Periode 22.00 – 05.00

## Pertanyaan 8 – Desain Kapasitas Pembangkit Lain (Kondisi 2)

Tabel Jawaban Pertanyaan 8 – Hasil Simulasi *Load Flow* Periode 05.00 – 17.00

Tabel Jawaban Pertanyaan 8 – Hasil Simulasi *Load Flow* Periode 17.00 – 22.00

Tabel Jawaban Pertanyaan 8 – Hasil Simulasi *Load Flow* Periode 22.00 – 05.00

## Pertanyaan 9 – Desain Kapasitas Pembangkit Lain (Kondisi 1 & 2)

Tabel Jawaban Pertanyaan 9 – Hasil Simulasi *Load Flow* Periode 05.00 – 17.00

Tabel Jawaban Pertanyaan 9 – Hasil Simulasi *Load Flow* Periode 17.00 – 22.00

Tabel Jawaban Pertanyaan 9 – Hasil Simulasi *Load Flow* Periode 22.00 – 05.00

Daftar Pustaka

[1] “Modul EL3217 STE Terbaru.pdf.”

[2] “What is Generator Capability Curve?” Diakses: 18 Mei 2025. [Daring]. Tersedia pada: https://electengmaterials.com/what-is-generator-capability-curve/

[3] “Two-bus electric power system | Download Scientific Diagram.” Diakses: 18 Mei 2025. [Daring]. Tersedia pada: https://www.researchgate.net/figure/Two-bus-electric-power-system\_fig1\_284511404

[4] L. C. L. C. is an electrical contractor with 36 years of experience in residential, light commercial electrical wiring H. worked as an electronic technician, dan later as an engineer for the I. C. H. is also a member of T. S. H. I. R. B. L. more about T. S. R. Board, “What Is a Short Circuit, and What Causes One?,” The Spruce. Diakses: 14 Mei 2025. [Daring]. Tersedia pada: https://www.thespruce.com/what-causes-short-circuits-4118973

[5] A. T, “What are Symmetrical & Unsymmetrical Faults?,” Circuit Globe. Diakses: 14 Mei 2025. [Daring]. Tersedia pada: https://circuitglobe.com/symmetrical-and-unsymmetrical-faults.html

[6] T. Agarwal, “Types of Faults in Electrical Power Systems and Their Effects,” ElProCus - Electronic Projects for Engineering Students. Diakses: 14 Mei 2025. [Daring]. Tersedia pada: https://www.elprocus.com/what-are-the-different-types-of-faults-in-electrical-power-systems/

[7] Electricalampere, “What are Symmetrical & Unsymmetrical Faults?,” Electrical Ampere. Diakses: 15 Mei 2025. [Daring]. Tersedia pada: https://electricalampere.com/symmetrical-and-unsymmetrical-faults/

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 |  |