

Analisis Sistem *Back-Up* Daya *Airfield Lighting System* pada *Substation T1* Bandara SAMS Sepinggan dengan ETAP 19.0.1

Aldi Wiradinata Bukhari Tjung
Teknik Elektro
Universitas Pertamina
Jakarta, Indonesia
wiradinataaldi@gmail.com

Bayu Yustina Yulianto
Unit Airport Technical
Bandara SAMS Sepinggan
Balikpapan, Indonesia
bayu_yustina76@yahoo.com

Marza Ihsan Marzuki*
Teknik Elektro
Universitas Pertamina
Jakarta, Indonesia
marza.im@universitaspertamina.ac.id*

Diterima : Oktober 2023
Disetujui : Januari 2024
Dipublikasi : Januari 2024

Abstrak—Dalam menunjang keselamatan penerbangan digunakan alat bantu dalam proses lepas landas, *landing*, dan *taxi* di bandara seperti *Air Traffic Controller* (ATC) dan *Airfield Lighting System* (AFL). Alat bantu tersebut pada Bandara SAMS Sepinggan dipasok dengan kapasitas listrik sebesar 3465 kVA pada *Main Power House 1* yang disuplai dari PLTU Kariangau Balikpapan. Dalam menunjang operasional, Bandara SAMS Sepinggan tidak hanya mengandalkan sumber daya listrik primer dari PLN saja, ketika sumber PLN mengalami pemadaman maka sumber daya listrik sekunder berperan yaitu genset dan *Uninterruptible Power Supply* (UPS) sebagai cadangan tidak terputus khususnya pada beban AFL. Penelitian mengenai Analisis Sistem *Back-Up* Daya *Airfield Lighting System* pada *Substation T1* Bandara SAMS Sepinggan dengan ETAP 19.0.1 bertujuan untuk melihat gambaran dari sistem distribusi ketika sumber daya listrik sekunder beroperasi ketika terjadi pemadaman pada sumber dari PLN dengan melihat pengaruh yang terjadi pada sistem. Metode yang digunakan pada penelitian ini yaitu eksperimen dengan pendekatan simulasi menggunakan program ETAP (*Electric Transient Analysis Program*). Pada simulasi yang dilakukan, terdapat tiga skenario. Setiap skenario disesuaikan dengan kondisi yang dimungkinkan terjadi ketika terjadi pemadaman. Skenario paling kritis yaitu skenario menggunakan suplai dari UPS dimana genset belum siap karena satu atau lain hal. Genset dapat membangkitkan daya sebesar 84.2 kW untuk mengisi daya UPS dan melayani beban sebesar 94.33 kVA. Kondisi *drop* tegangan pada saat suplai dari genset ketika PLN padam dalam kondisi baik dimana >98% berdasarkan standar IEC yaitu terendah 98.09% atau 372 V berdasarkan standar IEC.

Kata Kunci—AFL; ETAP; Genset; Load Flow Analysis; UPS

Abstract—To support aviation safety, tools are used in the take-off, landing and taxi processes at airports such as the *Air Traffic Controller* (ATC) and the *Airfield Lighting System* (AFL). The auxiliary equipment at SAMS Sepinggan Airport is supplied with an electricity capacity of 3465 kVA at *Main Power House 1* which is supplied from PLTU Kariangau Balikpapan. In supporting operations, SAMS Sepinggan Airport does not only rely on primary electricity resources from PLN, when PLN sources experience a blackout, secondary electrical resources play a role,

namely generators and *Uninterruptible Power Supply* (UPS) as *uninterruptible backup power supplies*, especially for AFL loads. *Research on Analysis of the Back-Up Power System for the Airfield Lighting System at Substation T1 at SAMS Sepinggan Airport with ETAP 19.0.1* aims to see a picture of the distribution system when secondary electrical resources operate when there is a blackout at the source from PLN by looking at the effects that occur on the system. The method used in this research is an experiment with a simulation approach using the ETAP (*Electric Transient Analysis Program*) program. In the simulation carried out, there were three scenarios. Each scenario is adapted to the conditions that may occur when a blackout occurs. The most critical scenario is the scenario using supply from UPS where the generator is not ready for one reason or another. The generator can generate 84.2 kW of power to charge the UPS and serve a load of 94.33 kVA. The voltage drop condition at the time of supply from the generator when PLN is turned off is in good condition, which is >98% based on IEC standards, namely the lowest is 98.09% or 372 V based on IEC standards.

Keywords—AFL; ETAP; Genset; Load Flow Analysis; UPS

I. PENDAHULUAN

Bandara Sultan Aji Muhammad Sulaiman (SAMS) Sepinggan Balikpapan merupakan salah satu dari 15 bandar udara yang dikelola oleh PT Angkasa Pura I. Bandara ini merupakan bandara terbesar di Pulau Kalimantan dan menjadi gerbang utama jalur udara menuju IKN Nusantara [13]. Dalam pembangunan IKN Nusantara, Bandara SAMS Sepinggan terus berusaha meningkatkan fasilitas yang ada guna mendukung proses pembangunan IKN Nusantara. Fasilitas yang ada pada Bandara SAMS Sepinggan perlu dicek dan dilakukan pergantian jika terjadi kerusakan untuk kenyamanan penumpang dan keselamatan penerbangan.

Salah satu fasilitas yang sangat penting dalam keselamatan penerbangan yaitu *Airfield Lighting System* (AFL). AFL merupakan alat bantu secara visual untuk melayani pesawat udara dalam melakukan *take-off*, *landing*, dan *taxi* menggunakan lampu agar dapat bergerak dengan aman [1]. Faktor utama yang menunjang keberlangsungan AFL adalah suplai daya kelistrikan baik itu suplai daya listrik

primer maupun sekunder. Suplai daya listrik primer Bandara SAMS Sepinggan yaitu dari PLN dan suplai daya sekunder yaitu *Uninterruptible Power Supply* (UPS) sebagai suplai daya tak terputus atau *online* hingga genset menyala dan genset sebagai suplai daya pengganti sumber daya utama yang bekerja secara *stand-by* [4][12][14][19].

AFL memiliki peran yang vital pada bandar udara, sehingga jika AFL mengalami gangguan maka menimbulkan dampak pada keselamatan penerbangan karena tidak adanya referensi dari AFL membuat pilot sulit untuk melakukan *taxi*, *take-off*, dan *landing*. Dari hal tersebut risiko kecelakaan antar pesawat atau objek disekitar bandara juga dapat terjadi [17].

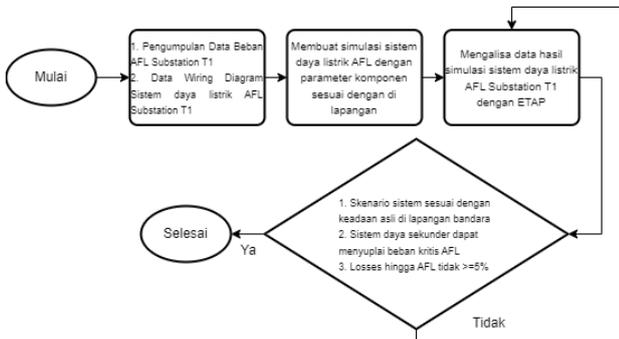
Pada penelitian ini, penulis membuat simulasi dengan tiga skenario dalam kondisi pasokan listrik dari PLN, pasokan listrik dari UPS dan pasokan listrik dari genset sehingga dari hasil simulasi dapat diketahui sistem daya AFL bekerja dengan baik atau tidak.

II. METODE

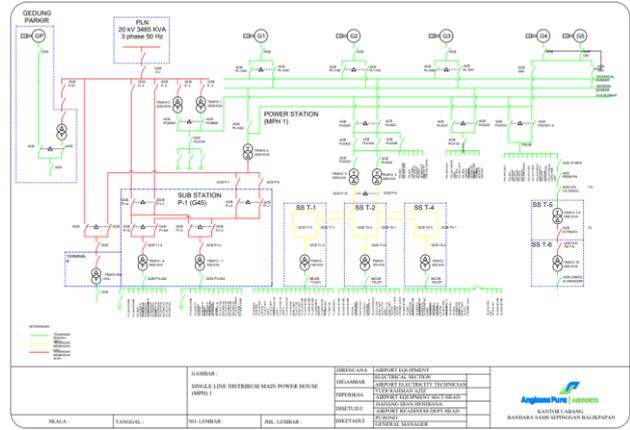
Metode penelitian yang digunakan yaitu eksperimen dengan pendekatan simulasi menggunakan program ETAP (Electric Transient Analysis Program) versi 19.0.1. *Load flow analysis* pada ETAP dijalankan pada 3 skenario yaitu:

1. Kondisi Pasokan PLN Normal
2. Kondisi Pasokan dari UPS
3. Kondisi Pasokan dari Genset

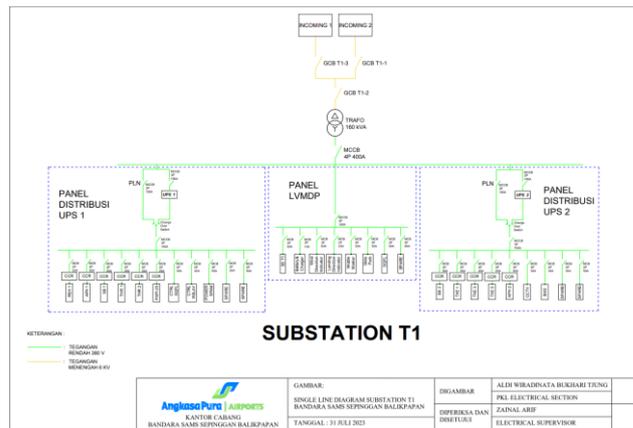
Gambar 1 berikut ini merupakan diagram alir dalam proses pembuatan simulasi skenario sistem daya kelistrikan AFL *substation* T1. Pada diagram alir dimulai dari pengambilan data beban AFL pada panel distribusi dan *wiring* diagram sistem daya kelistrikan AFL. Dilanjutkan dengan membuat simulasi skenario dengan parameter komponen sesuai dengan kondisi di lapangan. Hasil simulasi dianalisis hingga sesuai dengan target yang direncanakan.



Gambar 1. Diagram Alir Proses Pembuatan Simulasi Sistem Kelistrikan AFL *Substation* T1



Gambar 2. Single Line Diagram Main Power House 1



Gambar 3. Single Line Diagram Substation T1

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Sumber Daya Listrik Bandara SAMS Sepinggan

Dalam menunjang operasional, Bandar Udara SAMS Sepinggan sangat bergantung pada sumber daya listrik dari PLN yang dimana suplai tersebut berasal dari Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) yang ada di Kota Balikpapan yaitu PLTU Kariangau. Pembangkit ini menyalurkan daya dengan kapasitas 3465 kVA menggunakan tegangan 20 kV yang terhubung dengan *Main Power House* 1 dan daya sebesar 8660 kVA menggunakan tegangan 20 kV yang terhubung dengan *Main Power House* 2.

Selain sumber daya primer dari PT PLN, bandara juga memiliki *emergency source*, yaitu genset dan UPS sebagai berikut.

Tabel 1. Unit Sumber Daya Listrik Cadangan Bandara SAMS Sepinggan

Catu Daya	Merk/Type	Kapasitas (kVA)	Lokasi
Genset	Yanmar / 12 nhl-etp (x3)	1000	MPH 1
	Mtu / 18v2000	1030	
	Cummins / kta38-g5	1030	
	Mitsubishi / mgs200b (x5)	2200	MPH 2
	Cummins QSK23-G3	800	Gedung Parkir
UPS	ICA SIN5100C	8	MPH1
	ICA SIN5100C	8	MPH2
	Riello Master MPS	2 x 60	Substation T1
	Eaton 9390	60	Substation T2
	Riello Mlt 30x	30	Substation T4
	Piller Apostar Premium 300	2 x 300 (Redundant)	Ruangan UPS Terminal

B. Hasil Pengukuran Daya Beban AFL Substation T1

Beban pada AFL di *substation* T1 terbagi pada 3 panel yaitu panel UPS 1, panel UPS 2, dan panel non UPS. Beban diukur menggunakan AVO meter dan Tang *Ampere* untuk setiap fasanya. Hasil pengukuran ditunjukkan pada tabel berikut ini.

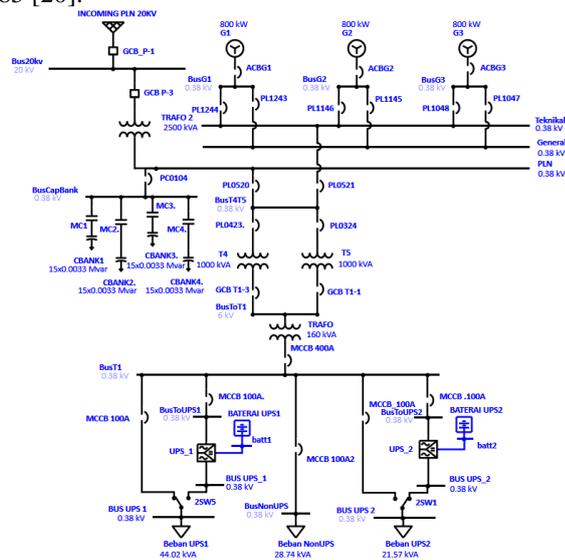
Tabel 2. Data Hasil Pengukuran Beban AFL *Substation* T1

Sub Beban	Tegangan (V)			Arus (A)		
	R-N	S-N	T-N	Fasa R	Fasa S	Fasa T
UPS 1	222.4	222.4	219.8	70	39	90
UPS 2	222.1	222.2	219.5	14	58	58
Non UPS	221.4	223.5	221.8	19	38	40

Sub Beban	Daya (kVA)			Total Daya (kVA)
	Fasa R	Fasa S	Fasa T	
UPS 1	15.57	8.67	19.78	44.02
UPS 2	3.11	12.88	12.75	28.74
Non UPS	4.21	8.49	8.87	21.57

C. Single Line Diagram ETAP Sistem Kelistrikan AFL *Substation* T1

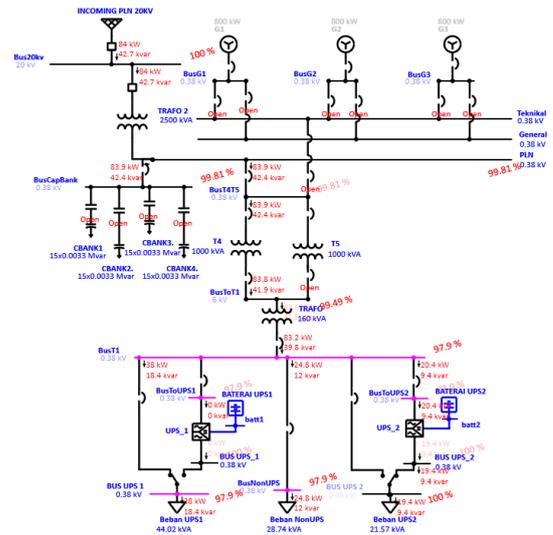
Gambar 4 merupakan *single line diagram* ETAP pada sistem kelistrikan mulai dari sumber PLN sebagai sumber daya primer dan genset serta UPS sebagai sumber daya sekunder hingga ke beban AFL pada *substation* T1. *Single line diagram* ini akan dijalankan dengan 3 skenario yang direncanakan sebelumnya [13]. Nilai faktor daya pada beban diasumsikan sebesar 0.9 sesuai dengan standar minimum faktor daya yang ditetapkan PLN dalam SPLN 70-1 yaitu >0.85 [20].



Gambar 4. *Single Line Diagram* ETAP Sistem Kelistrikan AFL *Substation* T1

D. Skenario Satu (Kondisi Pasokan PLN Normal)

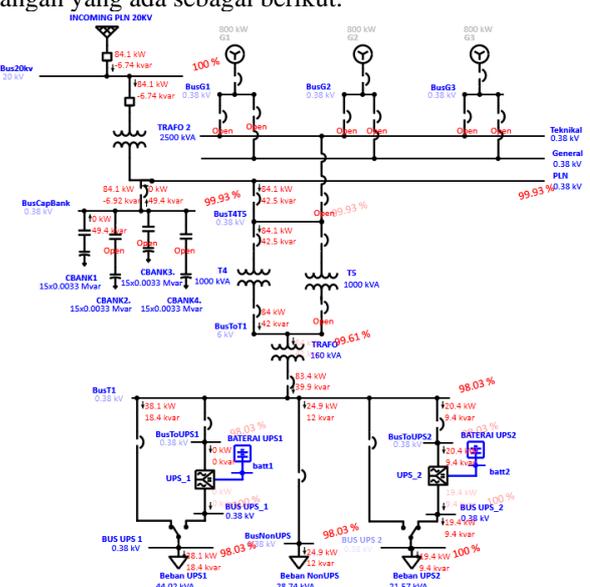
Skenario satu yaitu kondisi dimana keadaan kelistrikan normal dipasok menggunakan sumber dari PLN dengan tegangan 20 kV. Pada kondisi ini Genset dalam kondisi mati (*off*) atau *out service* pada program ETAP dan UPS dalam kondisi *stand by* atau *charging* baterai.



Gambar 5. Hasil Simulasi Skenario Kondisi PLN Normal

Berdasarkan gambar 5 dapat dilihat bahwa terjadi *drop* tegangan $\geq 2\%$ pada BusT1 sehingga busbar berwarna merah muda. Hal ini masih tergolong dalam batas marginal sesuai standar IEC yang menentukan *drop* tegangan $>5\%$ [10]. *Drop* tegangan pada simulasi ini dikarenakan resistansi pada trafo dalam proses *step-up* maupun *step-down* dimana ketika temperatur trafo naik, maka resistansi pada gulungan kawat akan naik juga sehingga menimbulkan panas yang menyebabkan kerugian daya (*losses*).

Nilai rugi daya dapat diperbaiki menggunakan *capacitor bank* karena jika beban listrik bertambah maka *drop* tegangan akan semakin besar [6][8]. Pada *Main Power House* 1 terdapat *capacitor bank* dengan total 600 kVAR yang masing masing kotak berisi 15×3.3 kVAR. *Capacitor bank* ini diatur dengan *reactive power regulator* yang bekerja secara otomatis mengatur penggunaan kapasitor untuk memperbaiki faktor daya. Pada simulasi ini, diasumsikan bahwa regulator mengaktifkan satu kotak *capacitor bank* untuk memperbaiki faktor daya dan mengurangi *drop* tegangan yang ada sebagai berikut.



Gambar 6. Hasil Simulasi Skenario Kondisi PLN Normal dengan *Capacitor Bank*

- [4] A. Lorenza, "Analisis Sistem Kerja UPS (Uninterruptible Power Supply) Power Scale 200 kVA Terminal Bandara PT. Angkasa Pura II (Persero): Analysis Of The 200 Kva Power In UPS (Unintrruptible Power Scale) System at The Airport Terminal Of PT. Angkasa Pura II (Persero)," *IJEERE*, vol. 1, no. 1, pp. 13–20, May 2021, doi: 10.57152/ijeere.v1i1.70.
- [5] E. H. Harun, M. T. Adam, and J. Ilham, "Perbaikan Kualitas Tegangan Distribusi 20 kV di Gardu Hubung Lemito Melalui Studi Aliran Daya," *Jambura J. Electr. Electron. Eng.*, vol. 4, no. 2, pp. 143–147, 2022, doi: 10.37905/jjee.v4i2.13825.
- [6] Ferdiansah, Bagus. dkk. "Analisis Pengaruh Kapasitor Bank Terhadap Nilai Faktor Daya Dan Nilai Jatuh Tegangan". *JJEEE Jambura J. Electr. Electron. Eng.*, vol. 5 no. 2, hal 234-241, 2023. <https://doi.org/10.37905/jjee.v5i2.20893>.
- [7] Hendrawan, H. 2013. "Analisis Back-Up System Sebagai Penyuplai Daya Listrik Di Gedung Bertingkat Bogor Trade Mall (BTM)". Bogor. 2013.
- [8] I. Hajar, S. M. Rahayuni. "Analisis Perbaikan Faktor Daya Menggunakan Kapasitor Bank di Plant 6 PT. Indocement Tunggal Prakarsa Tbk. Unit Citeureup", *Setrum sist. Kendali-tenaga-elektronika-telekomunikasi-komputer*, vol. 9, no.1, p. 8, 2020, doi:10.36055/setrum.v9u1.8111.
- [9] ICAO, Annex 14 Aerodromes and IEE 1159 Document
- [10] IEC 60364-5-52 Low-voltage electrical installations – Part 5-52: Selection and erection of electrical equipment – Wiring systems
- [11] Indriyani, Ruth d. dkk. "Analisis Aliran Daya Pada Sistem Tenaga Listrik Sulawesi Utara Dan Gorontalo Menggunakan Metode Fast Decoupled". *JJEEE Jambura J. Electr. Electron. Eng.*, vol. 1 no. 1, hal 13-18, 2019. <https://doi.org/10.37905/jjee.v1i1.2723>
- [12] Lee, Alex. "Jenis-Jenis UPS (Uninterruptible Power Supply)". <https://www.indotara.co.id/jenis-jenis-UPS-uninterruptible-power-suppl&id=120.html>. (Diakses 31 Juli 2023)
- [13] Lusinha, Amilia. "Profil Bandara Sultan Aji Muhammad Sulaiman Sepinggan di Kota Balikpapan". Tersedia: Online. <https://kaltim.tribunnews.com/2023/07/10/profil-bandara-sultan-aji-muhammad-sulaiman-sepinggan-di-kota-balikpapan>. (Diakses pada 21 September 2023)
- [14] M. Aamir, K. Ahmed Kalwar, and S. Mekhilef, "Review: Uninterruptible Power Supply (UPS) system," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 58, pp. 1395–1410, May 2016, doi: 10.1016/j.rser.2015.12.335.
- [15] Nigara, Adib Gustian. Primadiyono, Yohanes. "Analisis Aliran Daya Sistem Tenaga Listrik pada Bagian Texturizing di PT Asia Pacific Fibers Tbk Kendal menggunakan Software ETAP Power Station 4.0". *Jurnal Teknik Elektro Vol. 7 No.1, UNNES, Jan-Jun 2015*. <https://doi.org/10.15294/jte.v7i1.8580>
- [16] Nyoman, S.I. 2014, Analisa Sistem Kelistrikan dan Sistem Back-Up pada Air traffic Control (ATC) di Bandara Internasional Ngurah Rai-Bali, Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Udayana, Bali.
- [17] Purwadi, JB. "Evaluasi Kualitas Catu Daya Listrik di Bandar Udara". *Jurnal Aviasi Langit Biru*, Vol. 5 No. 12, Okt 2012
- [18] Salbi, Muhamad. Budiyanto, Maun. "Analisis Rugi Rugi Daya yang Dihasilkan Genset Sinkron pada Bagian Saluran Distribusi di Bandara Adisutjipto Yogyakarta". 2021. Tugas Akhir. Universitas Gadjah Mada.
- [19] Sulaeman, Galih P. dkk. "Analisis Catu Daya No Break System Perangkat Telekomunikasi". *JJEEE Jambura J. Electr. Electron. Eng.*, vol. 3 no. 2, hal 41-50, 2021. <https://doi.org/10.37905/jjee.v3i2.10318>.
- [20] SPLN 70-1: 1985