

OPTIMALISASI SISTEM PENGOPERASIAN GENERATOR SET MENGGUNAKAN METODE LAGRANGE

OPTIMIZATION OF GENERATOR SET OPERATING SYSTEMS USING THE LAGRANGE METHOD

Dulhadi^{1,*}, Suyanta², Eufrasia Andranetta Gracelynn Eka Pramudita³, Shodiq Afifudin⁴, Dewi
Indriati Hadi Putri⁵, Hafiiyyan Putra Pratama⁶

^{1,2}Department of Electrical Engineering, Institut Teknologi Nasional Yogyakarta
Jalan Babarsari, Caturtunggal, Depok, Sleman, Yogyakarta 55281, Indonesia
email corresponding: dulhadi@itny.ac.id

email: suyanta@itny.ac.id

³Department Teknik Mesin dan Industri, Universitas Gadjah Mada
email: eufrasia2424@gmail.com

⁴Bandara Yogyakarta International Airport Kepek, Palihan, Temon, Kulon Progo, Yogyakarta 55654
email: cahsonos@gmail.com

⁵Department of Mechatronics and Artificial Intelligence, Universitas Pendidikan Indonesia
Jl. Veteran No.8, Nagri Kaler, Purwakarta, Jawa Barat
email: dewiindri@upi.edu

⁶Department of Telecommunication System, Universitas Pendidikan Indonesia
Jl. Veteran No.8, Nagri Kaler, Purwakarta, Jawa Barat
email: hafiiyyan@upi.edu

Cara sitasi: Dulhadi, Suyanta, E. A. G. E. Pramudita, S. Afifudin, D. I. H. Putri, and H. P. Pratama, "Optimalisasi Sistem Pengoperasian Generator Set menggunakan Metode *Lagrange*," *Kurvatek*, vol. 10, no. 2, pp. 145-154, 2025. doi: 10.33579/krvtk.v10i2.5791 [Online].

Abstrak — Bandara Yogyakarta International Airport memiliki kebutuhan daya tinggi, disuplai dari GI Wates dengan kapasitas $2 \times 8,66$ MVA dan lima genset masing-masing 2,5 MVA. Karena fluktuasi jadwal penerbangan, semua genset beroperasi bersamaan, menyebabkan konsumsi bahan bakar tidak efisien. Penelitian ini bertujuan mengoptimalkan pola operasi genset menggunakan metode *Lagrange* berdasarkan tren historis konsumsi energi dan bahan bakar. Hasilnya menunjukkan hanya genset 1 yang optimal (83,26%) saat kondisi normal. Saat terjadi gangguan pada salah satu genset, beban dialihkan ke genset lain dengan *output* lebih rendah untuk menjaga efisiensi dan keandalan. Pola ini meningkatkan efisiensi, mengurangi konsumsi bahan bakar, serta memperpanjang usia pakai mesin. Optimalisasi ini mendukung pengoperasian bandara yang lebih hemat energi dan andal.

Kata kunci: Optimalisasi, metode *Lagrange*, pengoperasian

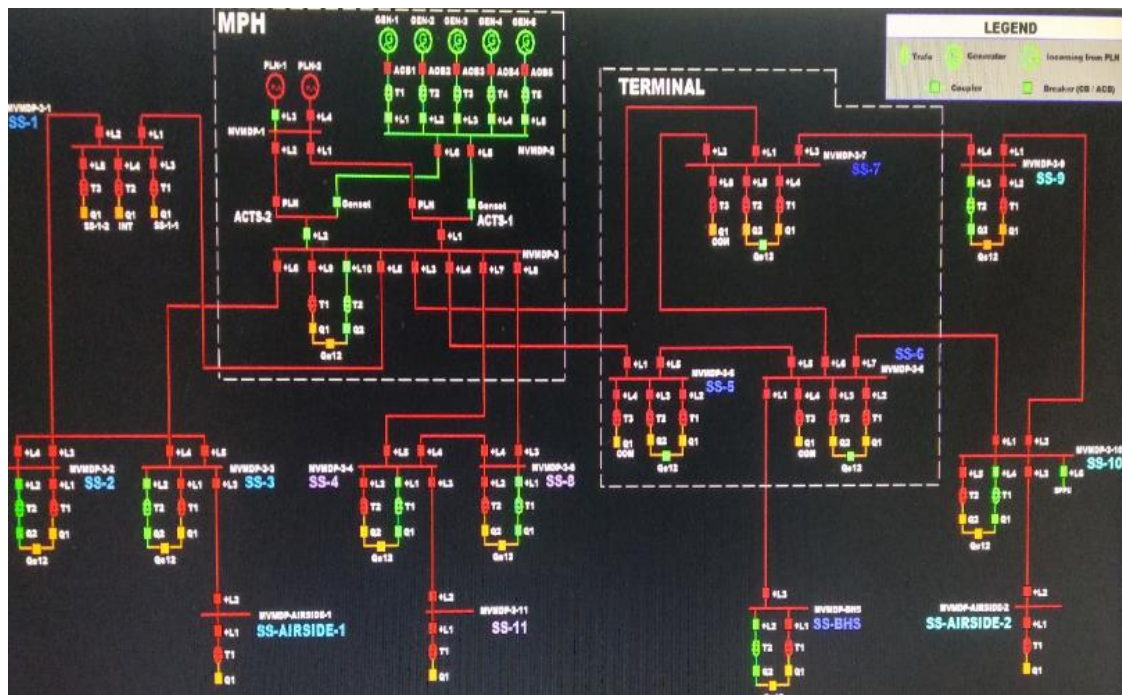
Abstract — Yogyakarta International Airport has high power demands, supplied by GI Wates with a subscribed capacity of 2×8.66 MVA and five generator sets (gensets) each with a capacity of 2.5 MVA. Due to fluctuating flight schedules, all gensets operate simultaneously, leading to inefficient fuel consumption. This study aims to optimize the genset operation pattern using the *Lagrange* method based on historical energy and fuel consumption trends. The results show that only genset 1 operates optimally (83.26%) under normal conditions. In the event of a genset failure, the load is redistributed to other gensets with lower output to maintain efficiency and reliability. This approach increases efficiency, reduces fuel consumption, and extends engine lifespan. The optimization supports more energy-efficient and reliable airport operations.

Keywords: Optimization, *Lagrange* method, operation

I. PENDAHULUAN

Sumber daya listrik Bandara Yogyakarta International Airport (YIA) berasal dari Gardu Induk Wates dengan kategori premium, berkapasitas $2 \times 8,66$ MVA, dan didukung oleh 5 unit genset berkapasitas masing-masing 2,5 MVA. Penyaluran energi listrik ke beban dilakukan melalui jaringan distribusi internal tegangan

menengah 20 kV dan tegangan rendah 380 Volt, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 1. Dalam memenuhi kebutuhan energi listrik, kelima genset ini beroperasi secara bersamaan untuk mencukupi seluruh beban listrik bandara. Namun, karena jadwal penerbangan yang fluktuatif, konsumsi energi listrik pun ikut berubah-ubah. Hal ini menyebabkan penggunaan bahan bakar menjadi boros, karena energi listrik dari genset tidak dapat disimpan untuk digunakan nanti. Oleh karena itu, diperlukan pola operasi yang tepat agar konsumsi bahan bakar sebanding dengan kebutuhan energi listrik. Pola ini bertujuan agar genset dapat beroperasi mengikuti fluktuasi beban secara optimal. Untuk menganalisis optimalisasi ini, dapat digunakan beberapa metode seperti optimasi analitis, *Duplex*, *Simplex*, dan metode *Lagrange*. Penelitian ini menggunakan metode *Lagrange*, karena cocok untuk mengatasi permasalahan optimasi dengan kendala, termasuk kebutuhan maintenance genset yang menyebabkan sebagian genset tidak beroperasi [1] [2], [3],



Gambar 1. Gambar sistem kelistrikan Bandara Yogyakarta *International Airport*

Industri atau instansi umumnya lebih memilih berlangganan listrik PLN karena biaya operasionalnya lebih rendah, bahkan bisa setengah dari biaya penggunaan genset. Namun, karena keterbatasan daya dari PLN, seringkali pemadaman, serta kebutuhan listrik yang besar dan terus-menerus, genset tetap menjadi sumber utama dalam memenuhi kebutuhan energi listrik. Salah satu penyebab borosnya bahan bakar pada pengoperasian genset adalah beban yang terlalu berat. Secara teori, genset bekerja paling efisien pada beban sekitar 70%. Dengan menggunakan beberapa genset secara paralel, selain mampu memenuhi kebutuhan listrik yang besar, beban kerja tiap mesin menjadi lebih ringan, sehingga genset lebih awet dan aman digunakan. Strategi untuk menekan biaya operasional pembangkit adalah melalui penjadwalan operasi yang tepat. Metode *Dynamic Programming* bekerja secara bertahap dan cocok untuk fungsi linier. Sementara itu, metode *Lagrange* lebih tepat digunakan untuk menyelesaikan fungsi nonlinier dengan mengubahnya menjadi linier agar diperoleh hasil operasi yang optimal [4],[5].

Penentuan daya yang harus disuplai oleh tiap unit pembangkit untuk memenuhi beban dengan biaya operasional serendah mungkin disebut *Economic Dispatch*. Metode *Lambda Iterasi* dan *Lagrange* sama-sama menggunakan faktor pengali, namun *Lambda* membutuhkan asumsi biaya tambahan, sedangkan *Lagrange* tidak. Penyelesaian dengan Algoritma Genetika lebih detail dibanding *Lagrange*, tetapi lebih rumit dan memerlukan waktu lebih lama. Sementara itu, metode *Lagrange* lebih cepat dan sederhana dalam menyelesaikan masalah *Economic Dispatch*[6]Metode yang umum digunakan adalah *Lagrange Multiplier* dengan pendekatan *Least Square Parabolic*. Metode ini dapat menghitung kondisi nonlinier dan memberikan solusi yang cepat, tepat, dan konvergen. Selain itu, *Lagrange* juga mampu mengoptimalkan *economic dispatch* sehingga pembagian beban menghasilkan biaya operasional yang minimal[1],[7]. Metode iterasi *lambda* (λ) juga digunakan dalam *Economic Dispatch*. Nilai *lambda* diasumsikan terlebih dahulu, lalu dihitung daya keluaran (Pi) dari setiap pembangkit menggunakan syarat optimum. Setelah itu, diperiksa apakah total daya yang dihasilkan sudah sama dengan beban sistem. Jika belum, proses diulang

hingga tercapai keseimbangan[8]. Penggunaan genset berbahan bakar minyak (BBM) mulai dibatasi karena ketersediaannya makin langka dan harganya terus naik. Salah satu solusi alternatif adalah menggunakan LPG. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa LPG lebih hemat dibanding BBM[9]. Misalnya, pada sepeda motor dengan sistem bahan bakar ganda, konsumsi LPG mencapai 69,3 km/kg untuk jarak 208 km, sedangkan pertalite hanya 47,7 km/kg untuk 143 km. Studi ini menunjukkan bahwa LPG lebih ekonomis dibandingkan BBM, termasuk untuk penggunaan pada genset[10]. Genset adalah solusi penting untuk memenuhi kebutuhan listrik, tetapi efisiensinya masih kurang optimal. Salah satu cara untuk meningkatkan kinerjanya adalah mengembangkan sistem transmisi agar koefisien kinerja genset bisa lebih baik [11].

Economic Dispatch adalah metode untuk menentukan berapa besar daya yang harus disuplai oleh tiap unit pembangkit agar bisa memenuhi kebutuhan beban dengan biaya operasional serendah mungkin. Dalam teori *Economic Dispatch*, ada dua batasan utama yang harus dipenuhi:

- Equality constraint* (batasan kesetimbangan daya) adalah jumlah total daya yang dibangkitkan oleh semua unit pembangkit harus sama dengan total kebutuhan beban seperti ditunjukkan persamaan 1.

$$\sum_{i=1}^n P_i = P_{Beban} \quad (1)$$

Dengan P_i adalah daya pembangkit ke i dan P_{Beban} adalah total kebutuhan daya

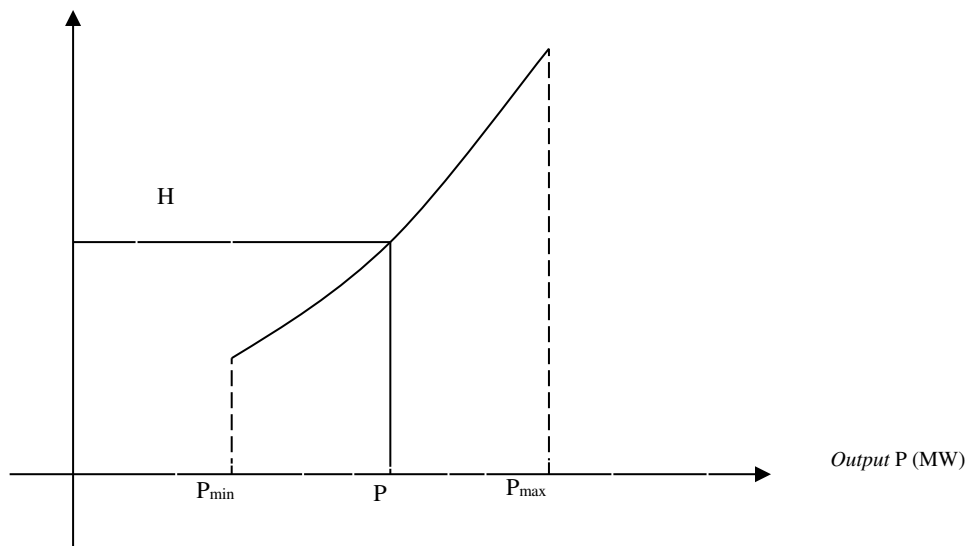
- Inequality constraint* (batasan tidak sama) adalah tiap pembangkit punya batas minimum dan maksimum daya yang bisa dihasilkan seperti ditunjukkan persamaan 2.

$$P_{i,min} \leq P_i \leq P_{i,max} \quad (2)$$

Hubungan antara konsumsi bahan bakar dan daya yang dihasilkan oleh pembangkit bisa digambarkan dalam grafik, seperti pada Gambar 2 yang menunjukkan karakteristik pembangkit. Karena tiap pembangkit punya karakteristik yang berbeda, maka untuk mengoptimalkan pengoperasiannya, maka perlu memperhatikan perbedaan tersebut. Masalah ini bisa diselesaikan dengan metode optimasi. Umumnya, hubungan antara bahan bakar yang digunakan dan daya *output* dari pembangkit dinyatakan dalam bentuk fungsi polinomial seperti ditunjukkan pada persamaan 3 dan gambar 2 sebagai berikut [6].

$$F(P) = \alpha_i + \beta_i P_i + \gamma_i P_i^2 \quad (3)$$

Input Bahan Bakar, H , (MBtu/jam)



Gambar 2. Karakteristik masukan-luaran pembangkit listrik

Sumber: D. Hermanto and F. Ardianto, 2020

Optimalisasi sistem pembangkit berarti menyesuaikan *input* bahan bakar dengan *output* energi listrik agar mendekati efisiensi maksimal [3], [12]. Jika pembangkit bekerja secara optimal, maka kerugian ekonomi bisa dikurangi atau bahkan dihindari. Untuk mencari titik kerja paling optimal, bisa digunakan berbagai metode. Dalam penelitian ini, digunakan gabungan metode *Lagrange* dan *regresi*:

- Metode *Lagrange* digunakan untuk mencari titik optimal pengoperasian pembangkit.

- Metode regresi digunakan untuk membuat fungsi hubungan antara konsumsi bahan bakar dan daya listrik yang dihasilkan.

Suatu asumsi bahwa batas pembangkitan tidak terganggu maka kondisi penting dari optimalisasi dapat ditentukan dengan metode *Langrangian* [13] seperti persamaan 4.

$$\zeta = \sum_{i=1}^n F_i(PG_i) + \lambda(P_D - \sum_{i=1}^n PG_i) \quad (4)$$

kemudian membuat persamaan derivatif persamaan terhadap PG_i dan λ nya persamaan 5 atau 6 berikut :

$$\bullet \quad 0 = \frac{\partial \zeta}{\partial PG_i} = \frac{\partial F_i}{\partial PG_i} - \lambda \quad (5)$$

$$\bullet \quad 0 = \frac{\partial \zeta}{\partial \lambda} = P_D - \sum_{i=1}^n PG_i \quad (6)$$

dengan, F_i adalah serapan bahan bakar dalam sistem selama selang waktu i , PG_i beban unit pembangkit ke i ke n , P_D kebutuhan daya terpakai pada beban dan λ adalah faktor pengali ke kondisi optimal.

II. METODE PENELITIAN

Penelitian ini berjudul “Studi Optimalisasi Sistem Pengoperasian Generator Set Menggunakan Metode Lagrange”. Tujuan penelitian ini adalah menganalisis konsumsi bahan bakar diesel pada generator set (genset) agar mampu menghasilkan daya listrik yang sesuai dengan perubahan beban secara lebih efisien. Genset dianggap bekerja optimal apabila tingkat pembebanannya berada di atas 80%, karena pada kondisi tersebut konsumsi bahan bakar mencapai titik serapan yang paling sebanding dengan daya listrik yang dihasilkan.

Untuk mencapai efisiensi tersebut, penelitian ini dilakukan melalui beberapa tahapan. Pertama, dilakukan *pengumpulan data operasional* genset, meliputi daya keluaran, konsumsi bahan bakar per jam, serta karakteristik performa mesin pada setiap tingkat beban. Setelah itu dilakukan *pengujian* dengan memberikan variasi pembebanan tertentu pada genset untuk melihat hubungan antara daya keluaran dan penggunaan bahan bakar.

Peralatan utama yang digunakan dalam penelitian ini meliputi satu unit generator set diesel, alat ukur konsumsi bahan bakar (*fuel flow meter* atau metode pengukuran volume manual), alat ukur tegangan dan arus listrik (*multimeter* atau *power meter*), serta beban listrik yang dapat divariasikan, seperti *load bank*.

Adapun variabel penelitian terdiri dari:

- Variabel tetap (konstan): jenis bahan bakar yang digunakan, kapasitas genset, tegangan operasi, dan kondisi lingkungan.
- Variabel terikat: konsumsi bahan bakar dan output daya listrik.
- Variabel bebas (divariasikan): tingkat pembebanan genset, misalnya 40%, 60%, 80%, dan 100%.

Seluruh data hasil pengujian kemudian dianalisis menggunakan metode Lagrange untuk menentukan pola operasi pembebanan yang paling efisien. Dengan metode ini, diharapkan diperoleh titik optimal yang menggambarkan kombinasi beban dan konsumsi bahan bakar paling ideal sehingga sistem pengoperasian genset dapat berjalan lebih hemat dan efektif. Dalam metodologinya membutuhkan data sebagai berikut :

Tabel 1. Sumber daya PLN (*Power Grid*)

NO	ID GRID/ SUMBER DAYA	SPESIFIKASI	
1.	PLN GI. Wates 20 MVA (GRID 1) GI – WATES -1	Tegangan	150 kV
		Kapasitas Trafo	60 MVA
		Kapasitas Langganan	8,66 MVA
		Frekuensi	50 Hz
2.	PLN GI Wates 60 MVA (GRID 2) GI – WATES - 2	Tegangan	150 kV
		Kapasitas Trafo	60 MVA
		Kapasitas Langganan	8,66 MVA
		Frekuensi	50 Hz

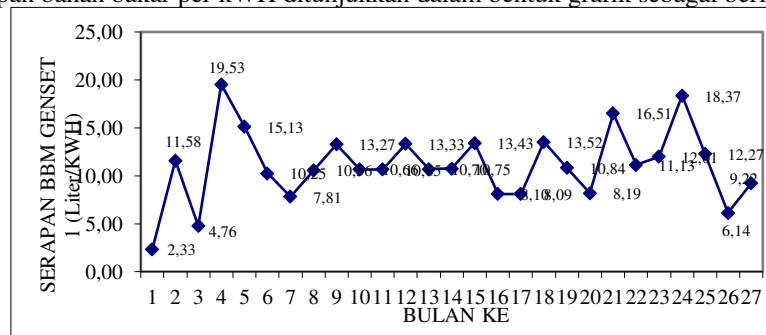
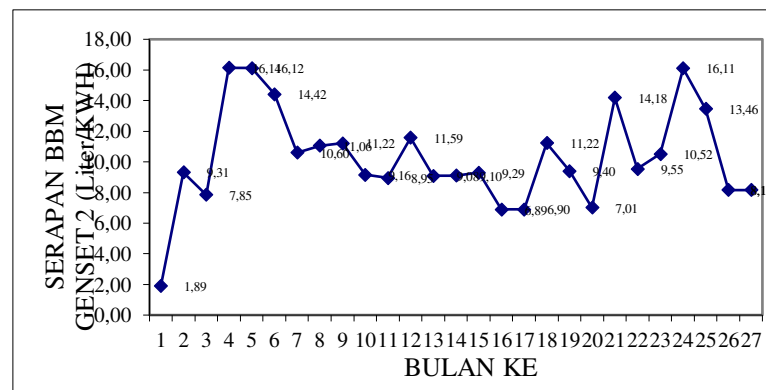
Tabel 2. Lima sumber Daya Genset (*Power Grid*) masing – masing

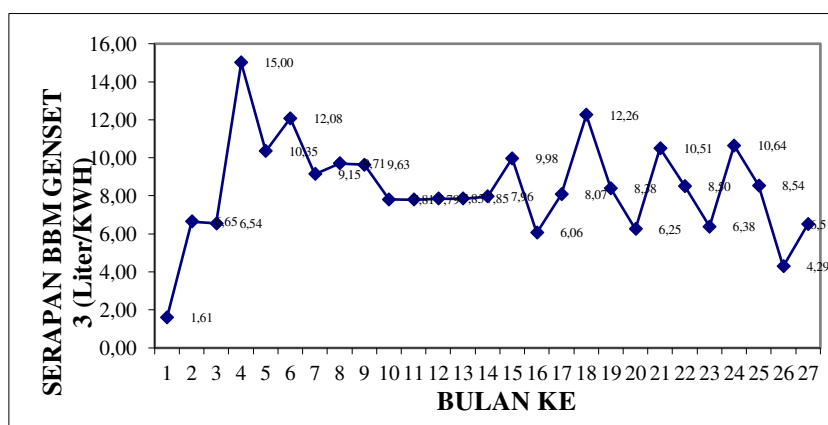
ID GRID/ SUMBER DAYA	SPESIFIKASI	
Genset 5 x 2500 KVA	Tegangan	0,4/0,23 kV
Genset 1 sampai Genset 5	Kapasitas Genset	2,5 MVA
	Frekuensi	50 Hz

Tabel 3. Rekapitulasi beban genset

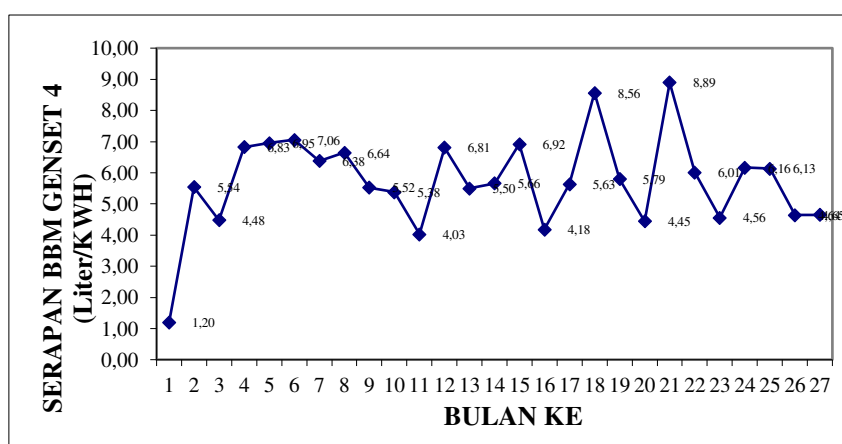
BULAN	Beban Genset 1-5 (kW)					JUMLAH kW
	G1	G2	G3	G4	G5	
April 2020	10,82	9,143	7,775	5,924	0	33,662
Mei 2020	53,97	45,033	32,425	27,679	0	159,107
Juni 2020	23,15	38,882	32,508	22,889	0	117,429
Juli 2020	96,99	81,553	77,162	35,758	2,509	293,972
Agustus 2020	76,58	83,292	54,68	37,195	4,428	256,175
September 2020	52,43	76,386	64,171	38,377	9,927	241,291
Oktober 2020	40,22	56,443	48,861	34,724	8,314	188,562
November 2020	54,54	59,322	52,137	36,242	9,616	211,857
Desember 2020	69,01	60,527	52,199	37,106	12,672	231,514
Januari 2021	55,81	49,594	42,6	29,884	10,755	188,643
Februari 2021	55,99	48,827	42,918	22,703	10,92	181,358
Maret 2021	70,48	62,822	43,54	38,564	14,482	229,888
April 2021	56,89	50,23	43,872	31,473	11,957	194,422
Mei 2021	57,4	50,627	44,764	32,703	12,358	197,852
Juni 2021	72,17	63,423	56,588	40,247	12,969	245,397
Juli 2021	43,85	38,875	34,832	24,569	9,902	152,028
Agustus 2021	43,96	39,248	46,65	33,401	13,615	176,874
September 2021	73,89	64,218	71,212	50,993	21,672	281,985
Oktober 2021	59,6	54,086	49,055	34,716	14,742	212,199
November 2021	45,17	40,54	37,025	26,729	11,859	161,323
Desember 2021	92,68	83,501	63,423	54,68	25,938	320,222
Januari 2022	62,97	56,744	51,626	37,32	18,504	227,164
Februari 2022	67,32	61,545	38,999	28,55	22,899	219,313
Maret 2022	103,06	94,101	65,489	38,785	42,766	344,201
April 2022	69,24	79,192	52,808	38,813	25,374	265,427
Mei 2022	34,74	48,516	26,679	29,545	19,309	158,789
Juni 2022	52,42	48,322	40,59	29,693	26,191	197,216
Total						5687,87

Sedangkan serapan bahan bakar per kWh ditunjukkan dalam bentuk grafik sebagai berikut :

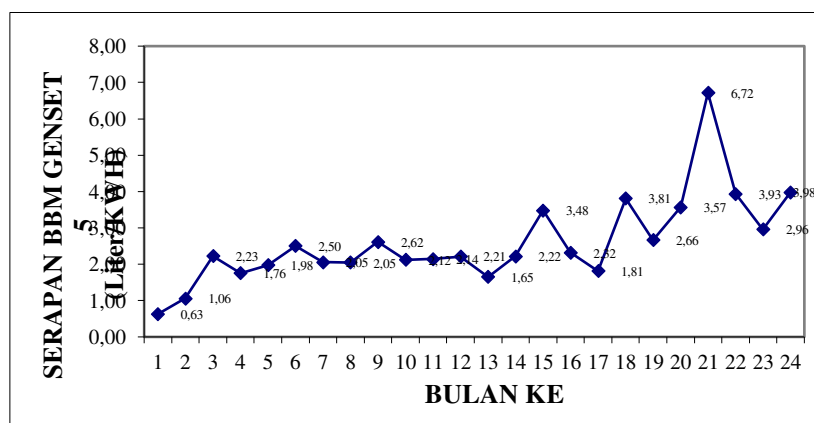
**Gambar 3.** Serapan BBM Genset 1**Gambar 4.** Serapan BBM Genset 2



Gambar 5. Serapan BBM Genset 3



Gambar 6. Serapan BBM Genset 4

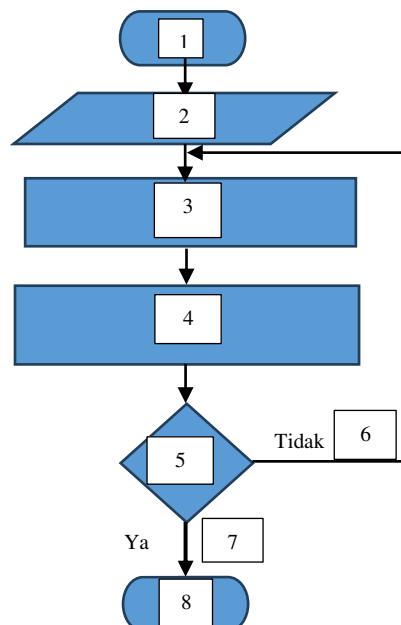


Gambar 7. Serapan BBM tahun 2020 – 2022 Genset 5

Dalam pelaksanaan penelitian data serapan bahan bakar minyak (BBM) per kWh data utama, selanjutnya dilakukan perhitungan analisis optimalisasi mengikuti diagram garis gambar 8 sebagai berikut.

Keterangan Flowchart :

1. Mulai
2. Data beban genset dan serapan bahan bakar
3. Proses jika 1 genset terganggu
4. a. Buat grafik fungsi Bahan Bakar,
b. Menghitung besaran/nilai λ
c. Menghitung Optimalisasi masing – masing genset,
d. Menghitung efisiensi Genset,
e. Penjawalan Operasi genset
5. Apakah sudah optimal ?
6. jika tidak hitung ulang dari proses,
7. jika ya lanjut ke berikutnya
8. Selesai



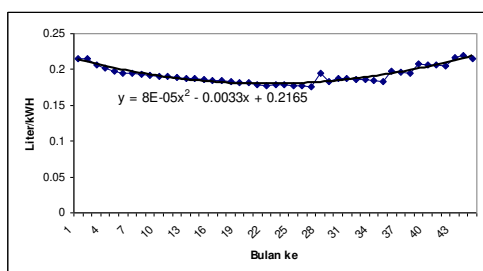
Gambar 8. Flowchart Penelitian

III. HASIL DAN DISKUSI

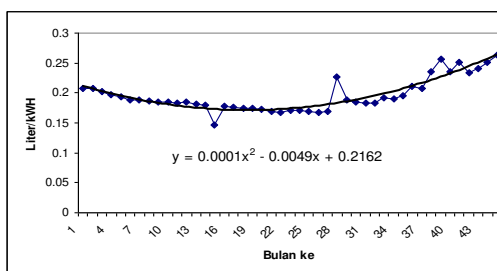
Penentuan nilai komponen λ dilakukan dengan langkah-langkah berikut:

- a. Membuat persamaan fungsi serapan bahan bakar dan fungsi serapan daya genset menggunakan data yang tersedia.
- b. Kedua persamaan tersebut dimasukkan ke dalam fungsi *Lagrange*.
- c. Selanjutnya dilakukan proses turunan (derivatif) terhadap fungsi Lagrange untuk mendapatkan nilai λ .
- d. Seluruh proses perhitungan dapat dibantu menggunakan Microsoft Excel, seperti membuat grafik, mencari trendline (fungsi), dan menghitung turunan secara numerik.

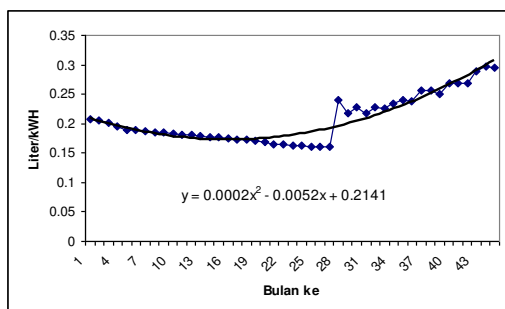
Hasil proses persamaan masing – masing genset sebagai berikut :



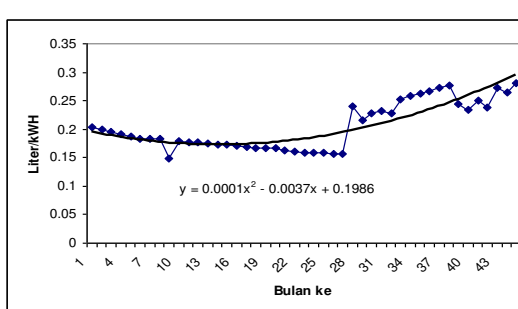
Gambar 9. Genset 1



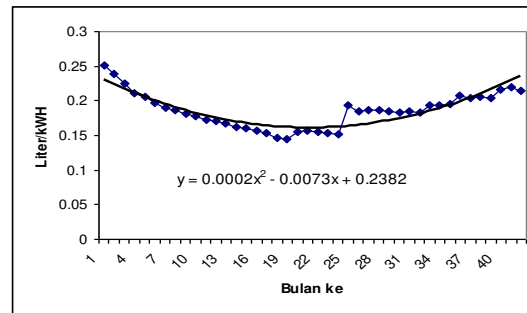
Gambar 10. Genset 2



Gambar 11. genset 3



Gambar 12. Genset 4



Gambar 13. Genset 5

Berdasarkan program aplikasi *microsoft excell* maka fungsi masing – masing serapan bahan bakar genset 1 sampai 5 sebagai berikut :

$$\text{GENSET 1} \quad F_1(x = PG_1) = 0,00008x^2 - 0,0033x + 0,2165$$

$$\text{GENSET 2} \quad F_2(x = PG_2) = 0,0001x^2 - 0,0049x + 0,2162$$

$$\text{GENSET 3} \quad F_3(x = PG_3) = 0,0002x^2 - 0,005x + 0,2141$$

$$\text{GENSET 4} \quad F_4(x = PG_4) = 0,0001x^2 - 0,0037x + 0,1986$$

$$\text{GENSET 5} \quad F_5(x = PG_5) = 0,0002x^2 - 0,0073x + 0,2382$$

Daya terpakai genset berdasarkan tabel 3 sebesar 5687,87 kW, maka penentuan fungsi daya terpakai adalah:

$$F(G_n) = F(G_1) + F(G_2) + F(G_3) + F(G_4) + F(G_5) = 5687,87 \text{ kW}$$

Selanjutnya memasukkan ke persamaan Fungsi optimalisasi metode *Lagrange* sebagai berikut

$$\zeta = \sum_{k=1}^5 F(G_n) - \lambda(P_{\text{Terpakai Total}} - \sum_{k=1}^5 G_n \longrightarrow \zeta = \sum_{k=1}^5 F(G_n) - \lambda(5687,87 - \sum_{k=1}^5 G_n)$$

Dengan melakukan derivasi maka besaran lambda sebagai berikut :

Tabel 4. Besaran lamda λ

Tanpa kasus	Nilai lambda (λ) pada kasus				
λ	λPG_1	λPG_2	λPG_3	λPG_4	λPG_5
0,26313	0,3742	0,3456	0,299	0,34523	0,2991

Contoh perhitungan :

$$\begin{aligned} \frac{\delta \zeta}{\delta \lambda} &= 0 = 5687,87 - (20,625 + 6250\lambda + 24,5 + 5000\lambda + 14,5 + 2500\lambda + 18,5 + 5000\lambda + 18,25 + \\ &2500\lambda = 5687,87 - 96,375 - 21250\lambda \\ \lambda &= \frac{5687,87 - 96,375}{21250} = \frac{5591,495}{21250} = 0,26313 \end{aligned}$$

Kasus 1. Genset 1 off

$$P_{\text{Terpakai}} = PG_2 + PG_3 + PG_4 + PG_5 = 5687,87 \text{ kW}$$

$$P_{\text{Terpakai}} = -24,5 - 5000\lambda - 14,5 - 2500\lambda - 18,5 - 5000\lambda - 18,25 - 2500\lambda = 5687,87 \text{ kW}$$

$$= -75,75 - 15000\lambda = 5687,87 \text{ kW}$$

$$\lambda = \frac{5687,87 - 75,75}{15000} = 0,3742$$

Dengan cara yang sama menghasilkan seperti pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil analisis dan perhitungan pengoperasian optimal berbagai kondisi

GENSET	TANPA KASUS		KASUS			
	KASUS (kW)	GENSET 1 OFF (kW)	GENSET 2 OFF (kW)	GENSET 3 OFF (kW)	GENSET 4 OFF (kW)	GENSET 5 OFF (kW)
PG ₁	1665,1875	Tidak Aktif	2180,625	1889,375	2178,3125	1890
PG ₂	1340,15	1895,5	Tidak Aktif	1519,5	1750,65	1479,5
PG ₃	672,325	950	878,5	Tidak Aktif	877,575	742
PG ₄	1334,15	1889,5	1746,5	1513,5	Tidak Aktif	1473,5
PG ₅	676,075	953,75	882,25	765,75	881,325	Tidak Aktif
Jumlah	5687,8875	5688,75	5687,875	5688,125	5687,8625	5585

Rated power genset masing – masing 2000 kW, maka kinerja genset 1 sampai dengan 5 kondisi tanpa kasus dan bekasus menggunakan rumus $\eta_{Genset} = \frac{P_{Output}}{P_{Input}} \times 100\%$ dan hasilnya ditunjukkan pada Tabel 6.

Tabel 6. efisiensi kinerja generator

Genset	Kondisi kinerja genset (%)					
	Tanpa kasus	Kasus 1	Kasus 2	Kasus 3	Kasus 4	Kasus 5
PG ₁	83,26	0	109,03125	94,49	108,92	94,5
PG ₂	67	94,775	0	75,975	87,5325	73,975
PG ₃	33,3362	47,5	43,925	0	43879	37,1
PG ₄	66,704	94,475	87,325	75,675	0	73,675
PG ₅	33,804	47,6875	44,1125	38,2875	44,066	0

Sedangkan serapan bahan bakar dalam liter/kWH hasil perhitungan dijelaskan sebagai pada Tabel 7.

Tabel 7. Rekapitulasi Serapan Bahan Bakar 5 genset

PRODUKSI				PEMAKAIAN BAHAN BAKAR		
No	LOKASI	GENSET	TIPE PEMBANGKIT	Energi (WH)	Serapan (Liter)	Rata – rata (Liter/kWH)
1	BANDARA YOGYAKARTA INTERNATIONAL AIRPORT	NO : 1	LYMD1364	218,54074	40975,185	0,1888277
		NO : 2	LYMD1364	211,67778	37996,185	0,1806211
		NO : 3	LYMD1364	173,68519	30840,296	0,178501
		NO : 4	LYMD1364	153,32963	26350,889	0,1734658
		NO : 5	LYMD1364	50,881481	8489,6667	0,1582849
		TOTAL		808,11481	144652,22	0,8797005

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pembahasan, dapat disimpulkan bahwa proses operasional perlu mempertimbangkan *output* daya dari masing-masing genset. Hal ini penting karena genset bekerja secara optimal pada kisaran 80% hingga 90% dari kapasitas maksimumnya, sehingga efisiensi kinerja dapat tetap tinggi, selain itu berdasarkan hasil perhitungan ada beberapa menjadi kesimpulan diantaranya :

- Kondisi tanpa ada gangguan tingkat optimal genset rendah kecuali pada genset 1 dengan demikian kondisi genset akan aman dan awet hanya pada penggunaan bahan bakar boros.
- Kondisi kasus genset 1 terganggu atau proses perawatan (*off* operasional), maka kondisi genset 2 dan 4 perlu diperhatikan sehingga perlu melakukan penurunan 5% outputnya dan dibebankan pada genset 3 dan genset 5.
- Kondisi kasus genset 2 terganggu, *output* genset 1 perlu diturunkan 20% dan dibebankan pada genset 3 dan 5.
- Kondisi kasus genset 3 terganggu, *output* genset 1 diturunkan 5% dan dibebankan pada genset 5.
- Kondisi kasus genset 4 terganggu, *output* genset 1 diturunkan 5% dan dibebankan ke genset 3 dan 5. Kondisi kasus genset 5 terganggu, maka *output* genset 1 diturunkan 5% dan dibebankan ke genset 3.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Risena and A. Nugroho, “Analisis Penjadwalan Unit Pembangkit Termis Dengan Metode Lagrange Multiplier (Studi Kasus di PLTU Tanjung Jati B),” Jun. 2018.
- [2] W. F. Galla, E. Mauboy, and F. H. Wete, “Penjadwalan Optimum Pembangkit Thermal Menggunakan Metode Iterasi Lambda Studi Kasus pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap Bolok,” *Jurnal Media Elektro*, vol. VIII, no. 2.
- [3] D. Hermanto and F. Ardianto, “Model Lagrange Multiplier pada Pembangkit Listrik Tenaga Gas Sektor Keramasan untuk Pemakaian Bahan Bakar,” *Jurnal Surya Energy*, vol. 4, no. 2, p. 381, Aug. 2020, doi: 10.32502/jse.v4i2.1885.
- [4] E. Safitri *et al.*, “Optimalisasi Hasil Produksi Menggunakan Metode Kuhn-Tucker (Studi Kasus: Toko Baju Mitra Pekanbaru),” *Jurnal Sains Matematika dan Statistika*, vol. 5, no. 1, 2019.
- [5] T. Arindita, R. Mashuri, and V. Budhiati, “Indonesian Journal of Mathematics and Natural Sciences Pemrograman Non Linear dengan Pendekatan Separable Programming dan Lagrange Multiplier dalam Penetapan Biaya Produksi Optimal Lanting di ‘Lanting Bumbu An-Nisa,’” Universitas Negeri Semarang, Apr. 2022. [Online]. Available: <http://journal.unnes.ac.id/nju/index.php/JM>

- [6] W. F. Galla, E. Mauboy, and F. H. Wete, "Penjadwalan Optimum Pembangkit Thermal Menggunakan Metode Iterasi Lambda Studi Kasus pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap Bolok," *Jurnal Media Elektro*, vol. VIII, no. 2.
- [7] R. Tandioaga, M. Mulyadi, A. Azwar, and W. W. Rauf, "Optimasi Operasi Unit-Unit Pembangkit pada PLTU Barru," *Jurnal Teknik Mesin Sinergi*, vol. 19, no. 1, pp. 62–79, Jul. 2021, doi: 10.31963/sinergi.v19i1.2759.
- [8] E. K. Bawan and S. Ismail, "Optimasi Penjadwalan Pembangkit Listrik Tenaga Diesel Sanggeng Manokwari dengan Metode Iterasi Lamda," pp. 74–80, 2018.
- [9] P. Bosowa *et al.*, "Efisiensi Konsumsi Gas Sebagai Pembangkit Energi Listrik pada Mesin Generator Set," *Journal Of Electrical Engginering (Joule)*, vol. 2, no. 2, 2021.
- [10] Y. Witanto and B. D. Leonanda, "Optimasi Pemanfaatan Liquid Petroleum Gas Sebagai Bahan Bakar Genset untuk Mendukung Program Penghematan Energi," *Jurnal Teknik Mesin*, vol. 16, no. 2, pp. 194–199, 2023, Accessed: Nov. 25, 2025. [Online]. Available: <http://ejournal2.pnp.ac.id/index.php/jtm>
- [11] S. Agustina, I. Zaid Muhlasim, R. Cahyadi, and E. Sumindra, "Peningkatan Coefficient of Performance (COP)... Peningkatan Coefficient of Performance (COP) Motor Generator Set 1500 Rpm Menggunakan Metode Optimasi Sistem Transmisi Enhancing the Coefficient of Performance (COP) of Motor Generator 1500 rpm Watt by Improving of the Transmission System."
- [12] A. Murti, I. Manuaba, and I. Arjana, "Optimasi Unit Pltu Berbahan Bakar Batubara Menggunakan Metode Lagrange di PT. Indonesia Power Up Suralaya," 2020.
- [13] V. Manusov *et al.*, "Optimal Management of Energy Consumption in an Autonomous Power System Considering Alternative Energy Sources," *Mathematics*, vol. 10, no. 3, Feb. 2022, doi: 10.3390/math10030525.



©2025. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the [Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/).