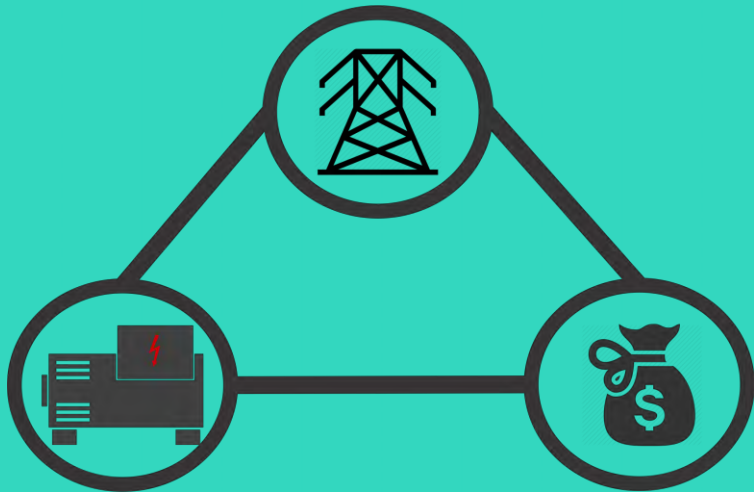


Optimasi Pembebanan Pembangkit Menggunakan Random Drift Particle Swarm Optimization (RDPSO) Pada Sistem Interkoneksi Jawa – Bali 500 kV



Dosen Pembimbing :

- 1. Prof. Dr. Ir. Adi Seoprijanto, M.T**
- 2. Ir. Ni Ketut Aryani, M.T**



HELLO!

Khalid Abri

2212100106

Jurusan Teknik Elektro

Fakultas Teknologi Industri

Institut Teknologi Sepuluh Nopember



085233002605



khalid.abri14



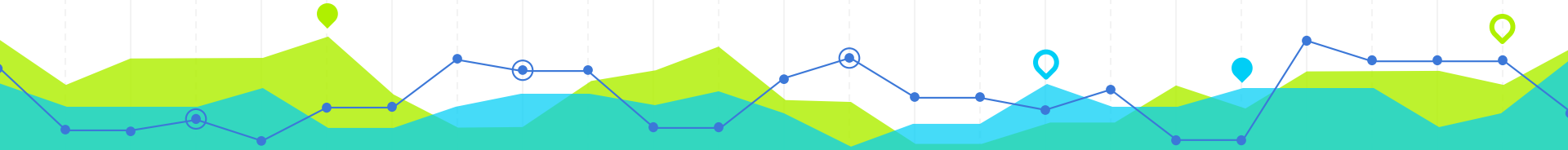
Khalid Abri



khalid.abri12@gmail.com



*Berjuang dan
Berdoa*

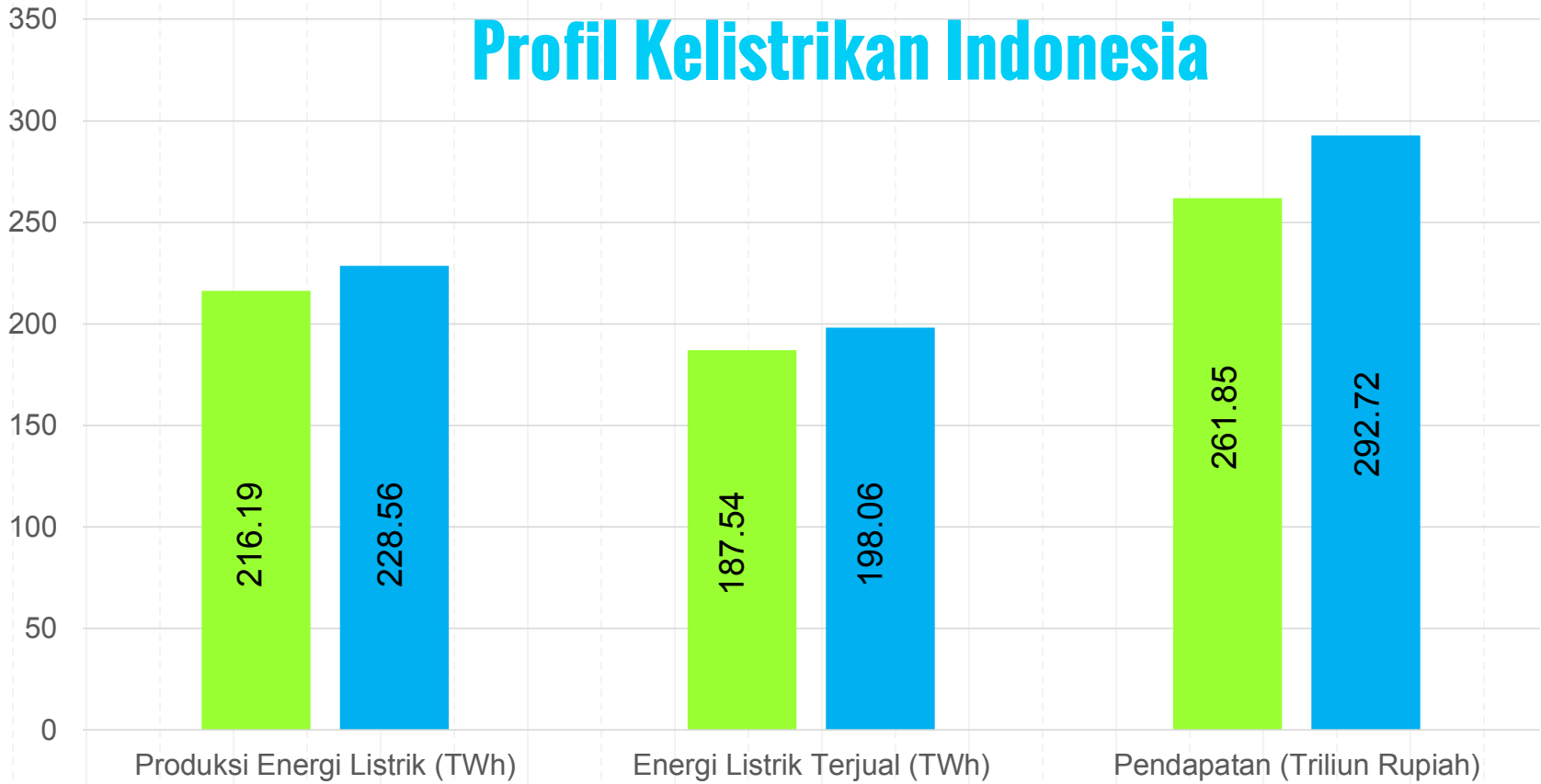


Pendahuluan

Latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah,
metodologi penelitian

1

Profil Kelistrikan Indonesia



Produksi Energi Listrik (TWh)

Energi Listrik Terjual (TWh)

Pendapatan (Triliun Rupiah)

■ 2013 ■ 2014

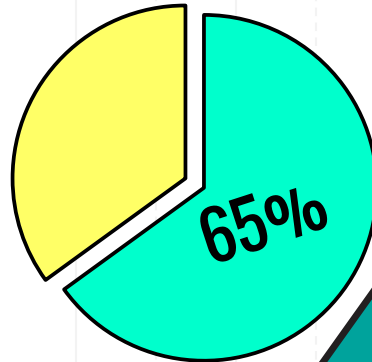
Proporsi Keuangan Energi



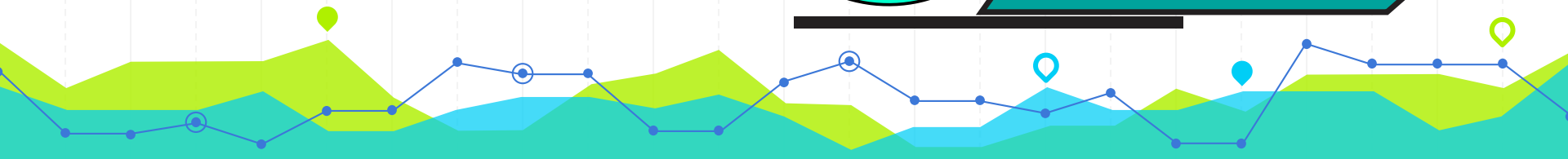
Biaya Produksi Energi Listrik



Pembangkit Termal



Biaya Bahan Bakar



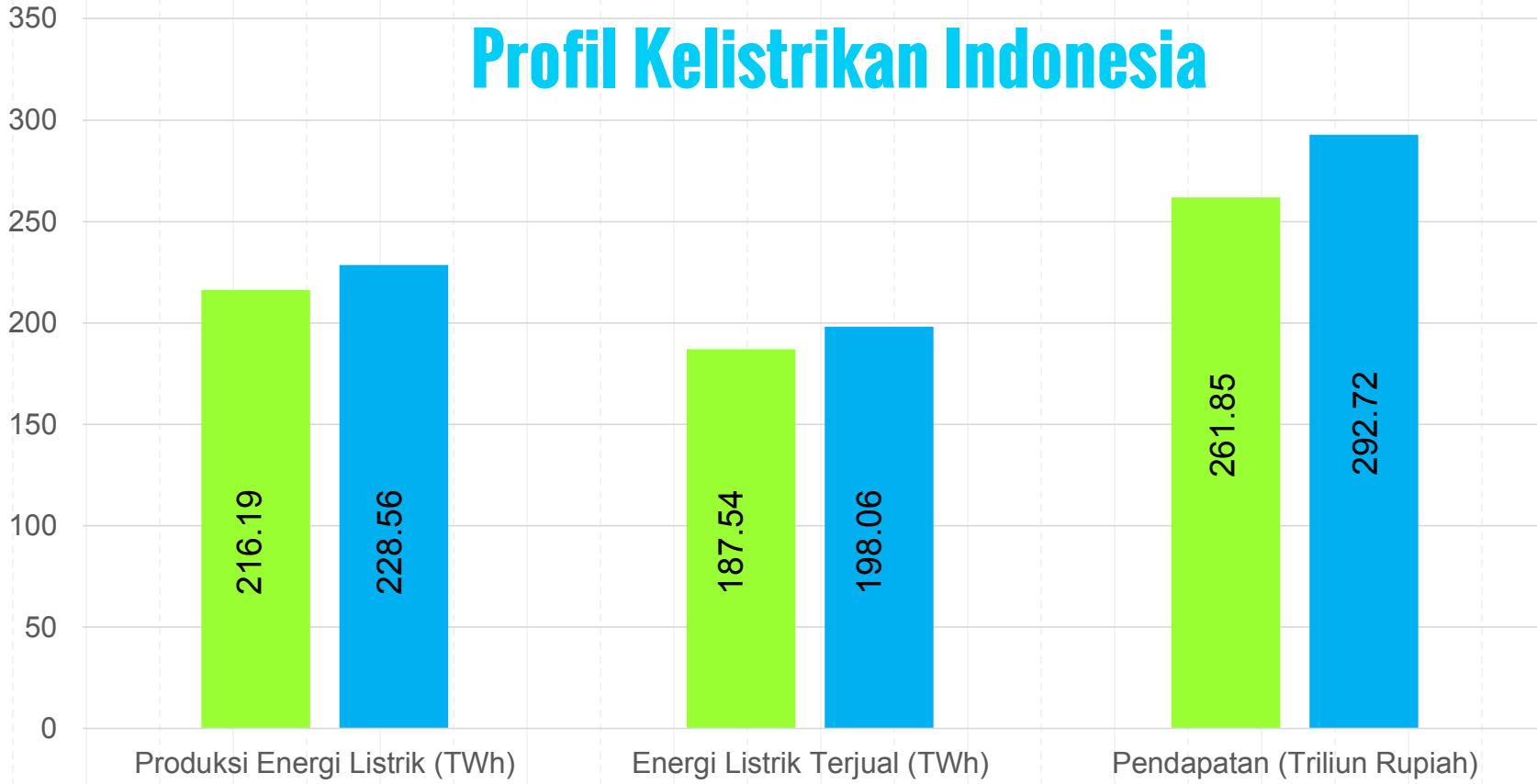


Economic Dispatch

*Optimasi pembebanan pada unit pembangkit
untuk menghasilkan biaya bahan bakar yang
paling minimum*



Profil Kelistrikan Indonesia

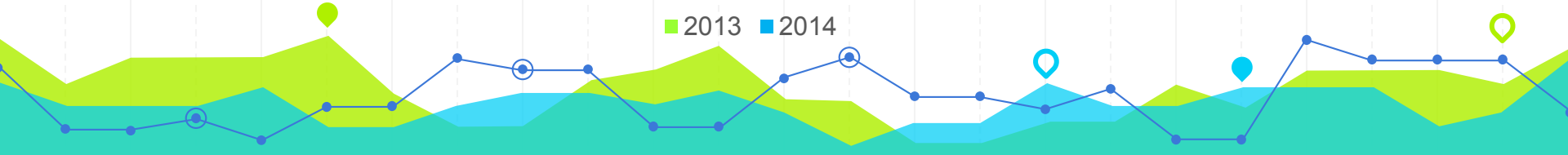


Produksi Energi Listrik (TWh)

Energi Listrik Terjual (TWh)

Pendapatan (Triliun Rupiah)

■ 2013 ■ 2014



Rumusan Masalah



1. Bagaimana Hasil Optimasi RDPSO apabila dibandingkan dengan optimasi PSO dan realisasi PLN ?
2. Apakah arus yang mengalir di saluran sesuai dengan kapasitas transmisi ?



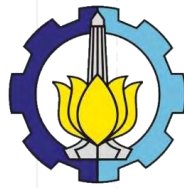
Batasan Masalah

- ❑ Optimasi dilakukan pada sistem Jawa – Bali 500 kV
- ❑ Optimasi hanya dilakukan pada unit – unit pembangkit termal
- ❑ Perhitungan biaya pada unit pembangkit hidro menggunakan data realisasi dari PLN
- ❑ Mempertimbangkan rugi – rugi dan kapasitas saluran
- ❑ Digunakan data beban pada tanggal 19 Februari 2016 pukul 19.30 WIB sebesar

11.363,4 MW



Metodologi Penelitian



Pengumpulan Data Sistem Jawa Bali 500 kV dari PT. PLN P2b, Gandul

Pemodelan Sistem Jawa Bali 500 kV

Perancangan dan implementasi metode RDPSO

Load flow untuk menghitung rugi – rugi

Menghitung kapasitas transmisi

Analisis hasil optimasi RDPSO terhadap PSO dan realisasi PLN

Penarikan kesimpulan



Pemodelan Sistem

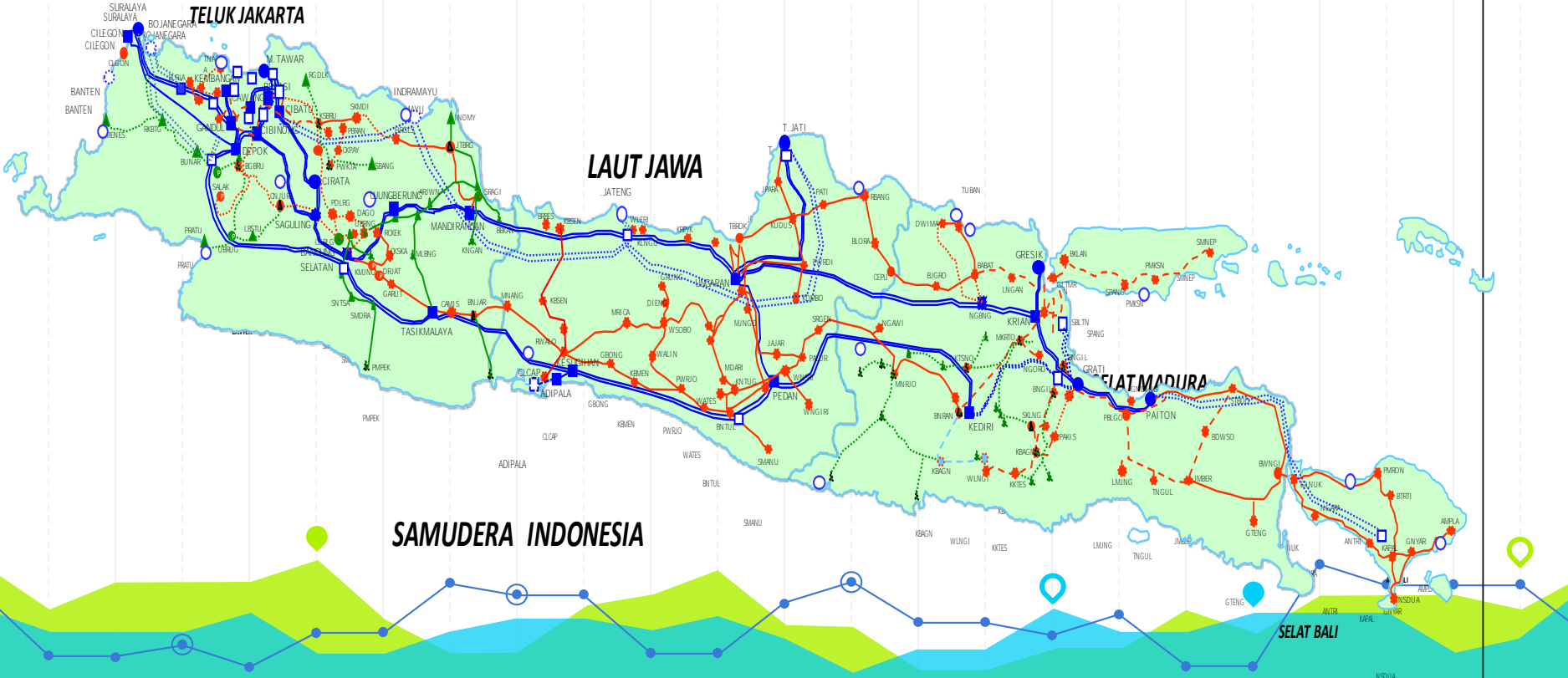
Overview Jawa – Bali 500 kV, Karakteristik Saluran,
Pembebanan bus, Pembangkit Termal, Batasan Simulasi

2



TOPOLOGI JARINGAN JAWA BALI

■ APB ■ GITET 500 kv ● Kit 500 kv ● GI 150 kv ▲ GI 70 kv — SUTET — SUTT 150 kv — SUTT 70 kv





Overview Jawa Bali 500 kV

26 Bus

32 Saluran

**8
Pembangkit**





Overview Jawa Bali 500 kV

26 Bus

32 Saluran

**8
Pembangkit**

Bus No	Nama Bus
1	Suralaya
2	Cilegon
3	Kembangan
4	Gandul
5	Cibinong
6	Cawang
7	Bekasi
8	Muara Tawar
9	Cibatu
10	Cirata
11	Saguling
12	Bandung Selatan
13	Mandiracan

14	Ungaran
15	Tanjung Jati
16	Surabaya Barat
17	Gresik
18	Depok
19	Tasikmalaya
20	Pedan
21	Kediri
22	Paiton
23	Grati
24	Ngimbang
25	Balaraja
26	Ujung Berung



Overview Jawa Bali 500 kV

26 Bus

32 Saluran

**8
Pembangkit**

Suralaya

M.Tawar

T.Jati

Gresik

Grati

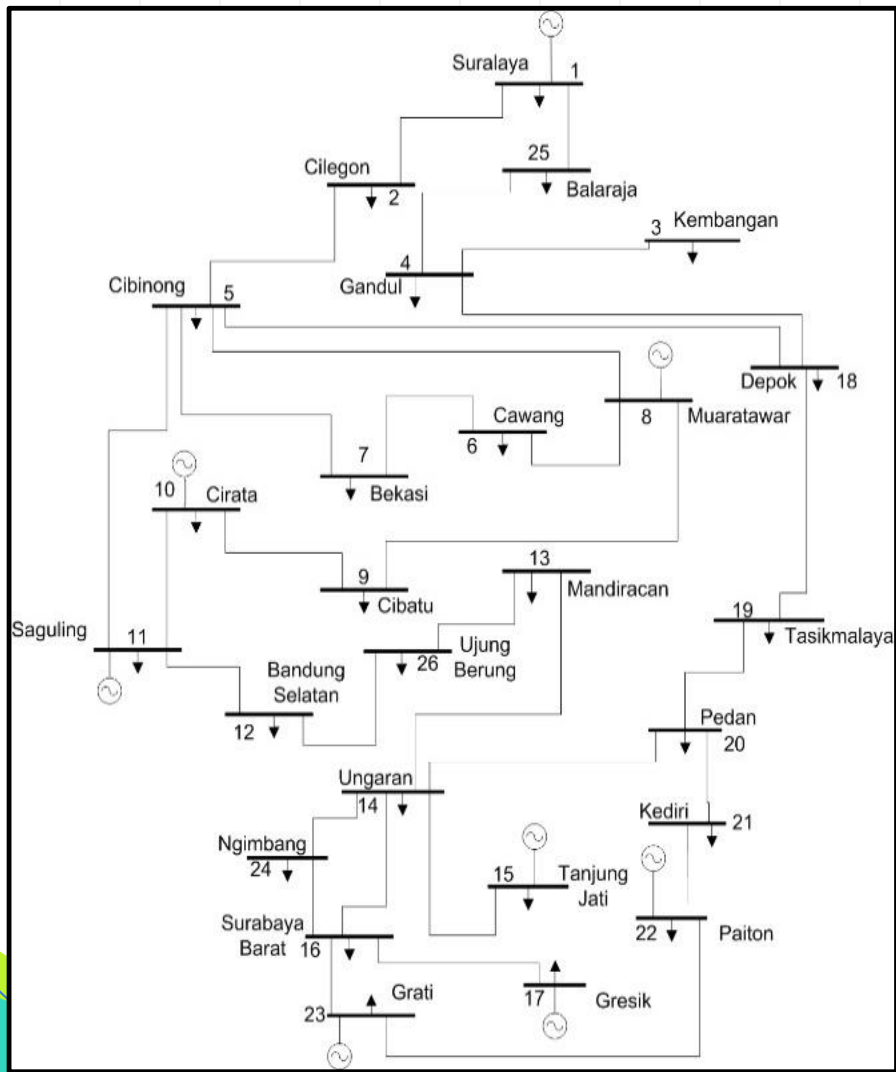
Paiton

Cirata

Saguling

Overview Jawa Bali 500 kV

Single Line Diagram (SLD)



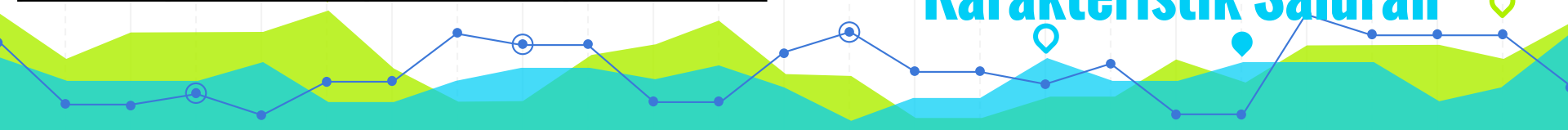
Overview Jawa Bali 500 kV



Bus Asal	Bus Tujuan	Resistansi (pu)	Reaktansi (pu)
1	2	0.000626496	0.007008768
	25	0.003677677	0.035333317
2	5	0.013133324	0.146925792
3	4	0.001513179	0.016928308
4	18	0.000694176	0.006669298
5	7	0.00444188	0.0426754
	8	0.0062116	0.059678
	11	0.00411138	0.04599504
6	7	0.001973648	0.01896184
	8	0.0056256	0.054048
8	9	0.002822059	0.027112954
9	10	0.00273996	0.026324191
10	11	0.001474728	0.014168458
11	12	0.0019578	0.0219024
12	13	0.00699098	0.0671659
	26	0.000385	0.003703

13	14	0.013478	0.12949
	26	0.000868	0.0097008
14	15	0.01353392	0.15140736
	16	0.01579856	0.1517848
	20	0.00903612	0.0868146
16	17	0.00139468	0.0133994
	23	0.003986382	0.044596656
18	5	0.000818994	0.00786848
	19	0.014056	0.15724802
19	20	0.015311	0.171288
20	21	0.010291	0.115128
21	22	0.010291	0.115128
22	23	0.004435823	0.049624661
24	14	0.023479613	0.225580588
	16	0.005966652	0.057324466
25	4	0.002979224	0.02862292

Karakteristik Saluran



Overview Jawa Bali 500 kV



Dove



1.96 KA

Gannet



2.4 KA

Tipe Saluran



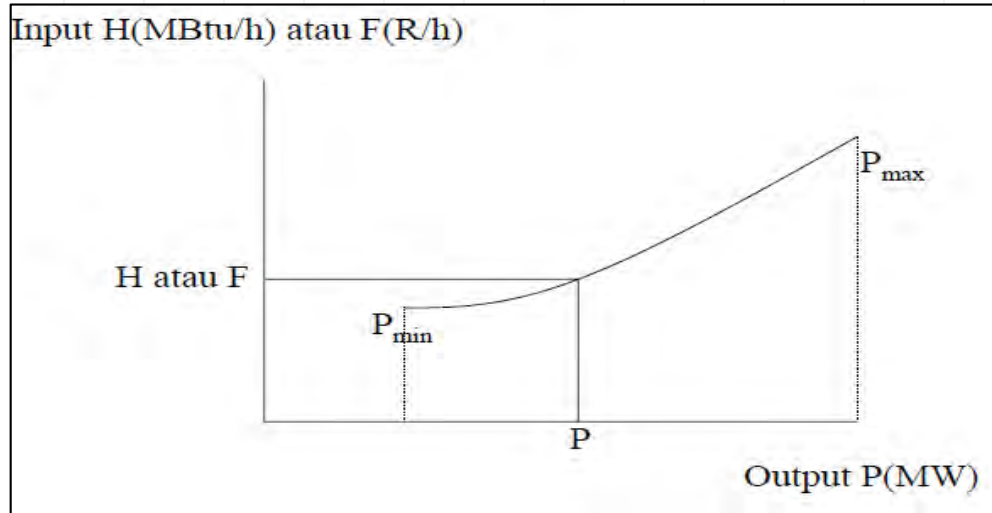
Pembebanan Masing - Masing Bus

Bus No	Nama Bus	Mw	Mvar
1	Suralaya	147.86	77.44
2	Cilegon	100.23	193.24
3	Kembangan	122	114
4	Gandul	571.28	-31.2
5	Cibinong	367.32	231.14
6	Cawang	523	108
7	Bekasi	740	-7
8	Muara Tawar	0	0
9	Cibatu	947	410
10	Cirata	667.07	261.07
11	Saguling	0	0
12	Bandung Selatan	557	261

Bus No	Nama Bus	Mw	Mvar
13	Mandiracan	67.96	66.79
14	Ungaran	654	410
15	Tanjung Jati	292	55
16	Surabaya Barat	932.85	339.71
17	Gresik	102.3	118.77
18	Depok	503.99	108.38
19	Tasikmalaya	285	92
20	Pedan	674	231
21	Kediri	615.4345	178.8
22	Paiton	869	210
23	Grati	447.4	280.3
24	Ngimbang	574	164
25	Balaraja	577	184
26	Ujung Berung	25.73	4.18



Unit Pembangkit Termal



- ❑ Karakteristik input – outputnya merupakan persamaan kuadrat penggunaan bahan bakar tiap jam (Mbtu/h) atau biaya bahan bakar tiap jam (Rp/h)
- ❑ Biaya pembangkitan adalah perkalian dari biaya bahan bakar pembangkit tiap kalorinya (Rp/kal) dengan kebutuhan kalori pembangkit tiap jam nya (kal/hr).



Batasan Pembangkit Termal

$1202 \leq P \leq 2289$ ➔ **Suralaya**

$289 \leq P \leq 550$ ➔ **M.Tawar**

$1633.4 \leq P \leq 2637.8$ ➔ **T.Jati**

$611 \leq P \leq 973$ ➔ **Gresik**

$2097.5 \leq P \leq 4055$ ➔ **Paiton**

$300 \leq P \leq 750.2$ ➔ **Grati**





Fungsi Biaya Pembangkit Termal

$$F_t = \min \sum_{i=1}^N F_i(P_i)$$

$$F_i(P_i) = c_i + b_i \cdot P_i + a_i \cdot P_i^2$$

Keterangan :

- F_t : total biaya pembangkitan (Rp)
 $F_i(P_i)$: fungsi biaya input output dari pembangkit i (Rp/jam)
 a_i, b_i, c_i : koefisien biaya pembangkitan i
 P_i : daya output pembangkit i
 N : jumlah unit pembangkit
 i : indeks dari unit generator





Koefisien Fungsi Biaya Pembangkit Termal

Pembangkit	C	B	A
Suralaya	41823191.79	404470.783	-10.2473797
Muara Tawar	10167.24785	105.882440	-0.02632027
Tanjung Jati	125297412.2	268733.703	15.19436873
Gresik	4578.673786	62.8289953	-0.00019403
Paiton	181292917.48	303921.461	-0.91585168
Grati	10811.80774	28.3407125	0.013529965



Batasan Simulasi

$$\sum P_{\text{terbangkit}} = P_{\text{beban}} + P_{\text{rugi}} - \text{rugi}$$

$$I_{\text{saluran}} \leq I_{\text{kapasitas_saluran}}$$





Menghitung Arus yang Mengalir di Saluran

$$I(\text{pu}) = \frac{V_2(\text{pu}) - V_1(\text{pu})}{z(\text{pu})}$$

$$I = I(\text{pu}) \times I_{\text{base}}$$



Penerapan RDPSO

Prinsip metode RDPSO, Formulasi RDPSO,
Parameter simulasi, Flowchart simulasi

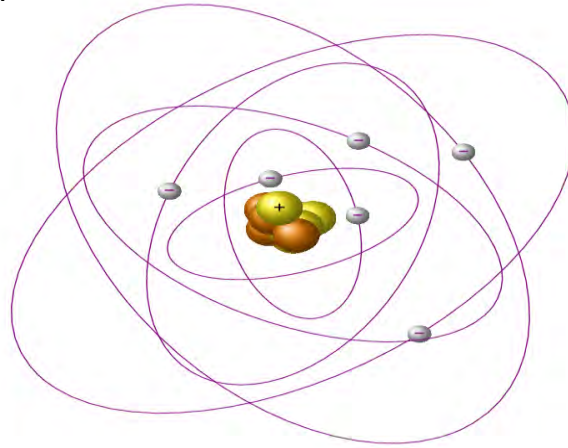
3

Prinsip Metode RDPSO

Latar belakang RDPSO berasal dari :

1. Analisa lintasan gerak dari PSO
2. Model electron bebas dalam konduktor metal yang diletakan pada sebuah medan elektrik

Kedua pergerakan ini membuat electron bergerak secara cepat menuju lokasi yang memiliki energy potensial minimum.



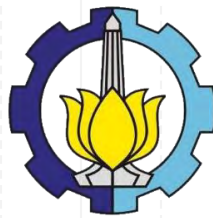
Pergerakan dari electron ini adalah superposisi dari pergerakan thermal, sebuah pergerakan random, dan juga pergerakan meluncur yang disebabkan medan elektrik



Analisis lintasan gerak partikel menunjukkan bahwa konvergensi dari algoritma PSO, akan tercapai jika setiap partikel konvergen pada local fokusnya, nilai lokal fokusnya dirumuskan sebagai berikut :

$$p_{i,n} = \varphi_{i,n} Pbest_{i,n} + (1 - \varphi_{i,n})Gbest$$





$$C_n = \left(\frac{1}{M}\right) \sum_{i=1}^M Pbest_{i,n}$$

Mean Best Position

Thermal Koefisien

$$\sigma_{i,n} = \alpha$$

$$|C_n - X_{i,n}|$$

Random number with a standard normal distribution

$$VR_{i,n+1} = \sigma_{i,n} \lambda_{i,n}$$

$$VD_{i,n+1} = \beta (p_{i,n} - X_{i,n})$$

Drift Koefisien

$$V_{i,n} = VR_{i,n} + VD_{i,n}$$

Thermal Motion

Drift Motion

Pemodelan RDPSO



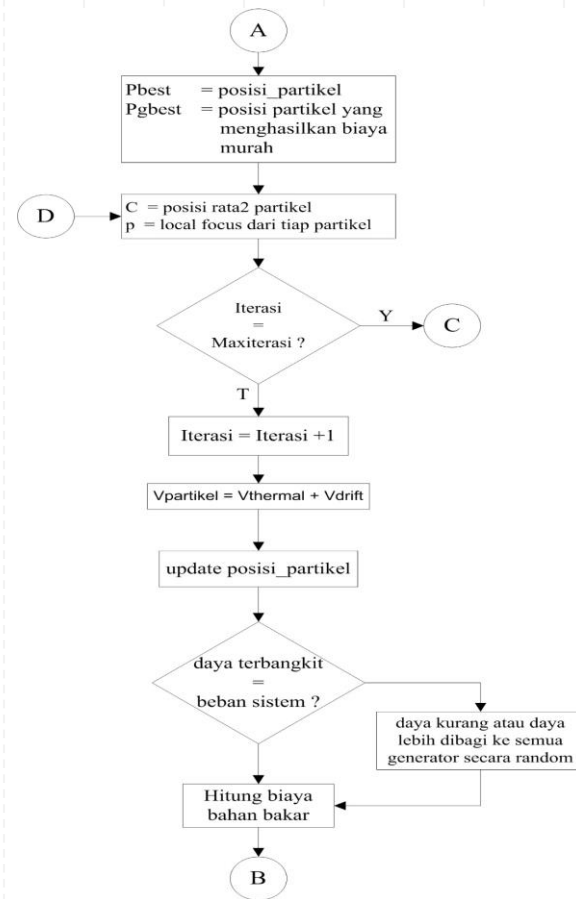
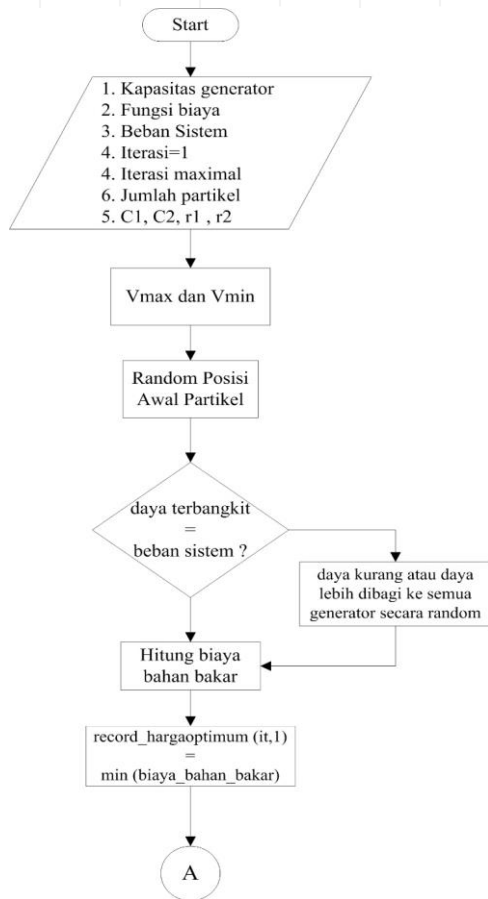
Parameter Simulasi

Simulasi I

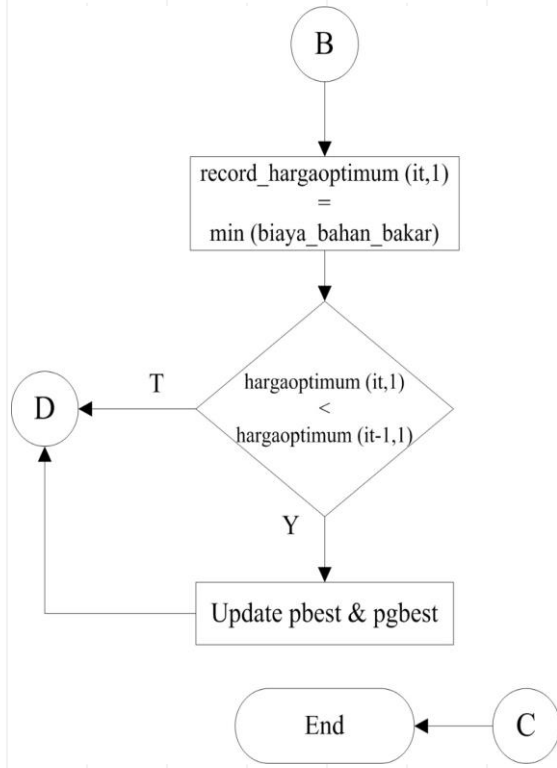
- ❑ Partikel : 100
- ❑ Max iterasi : 200
- ❑ Alfa : 0.9
- ❑ Beta : 1.45

Simulasi II

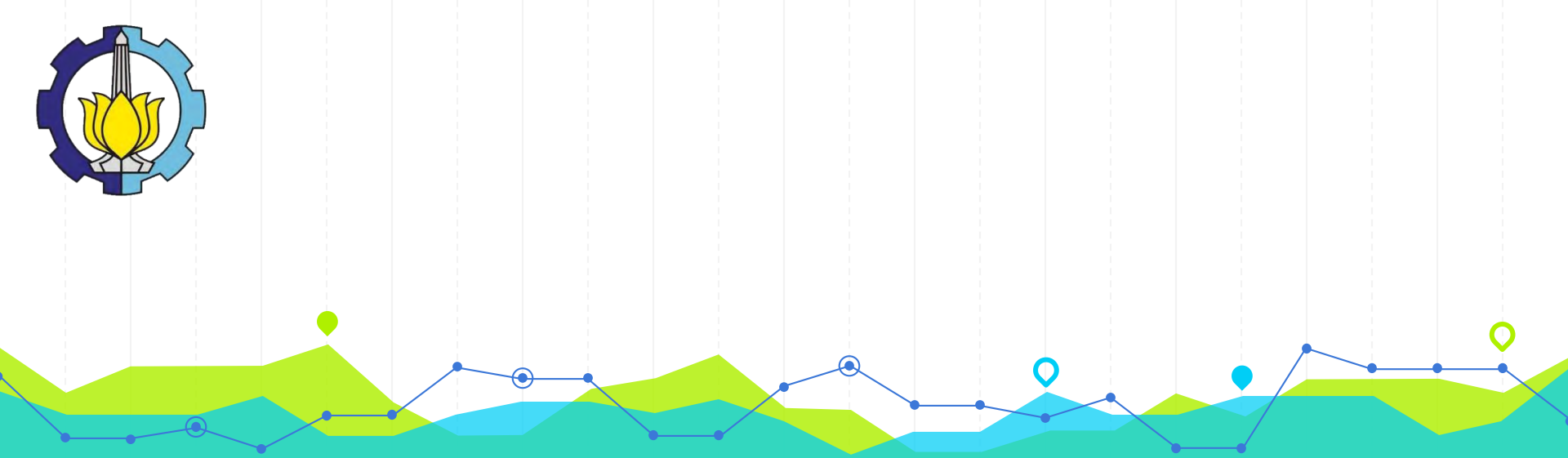
- ❑ Partikel : 20
- ❑ Max iterasi : 1000
- ❑ Alfa : 0.9
- ❑ Beta : 1.45



Flowchart Simulasi



Flowchart Simulasi



Hasil dan Analisis

Simulasi pertama, Simulasi kedua, Kapasitas Transmisi

4

Rp. 3.100.270.656,466371

Total biaya bahan bakar

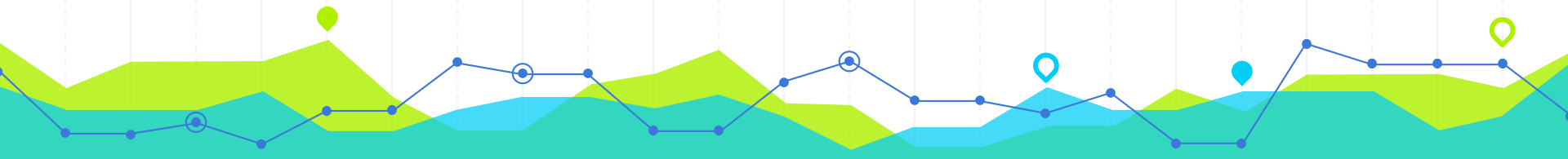
11.671,987 MW

Total daya terbangkit

9,8047 second

Elapsed Time

Simulasi I





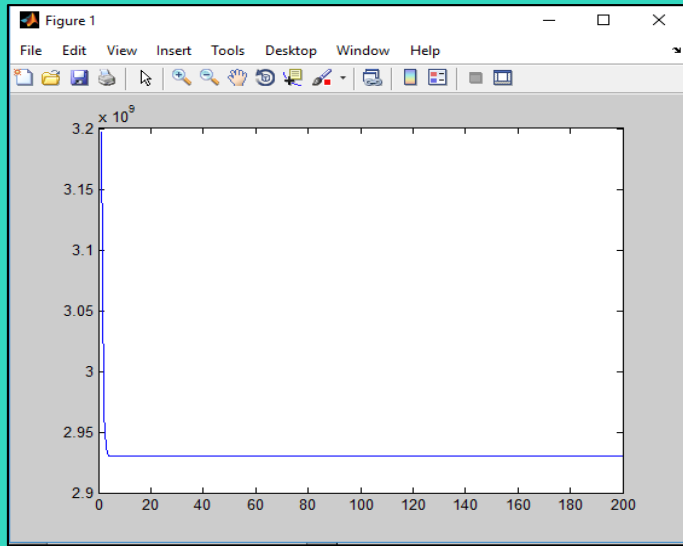
Rp. 20.228.161,8136 / h

Selisih RDPSO terhadap Realisasi PLN

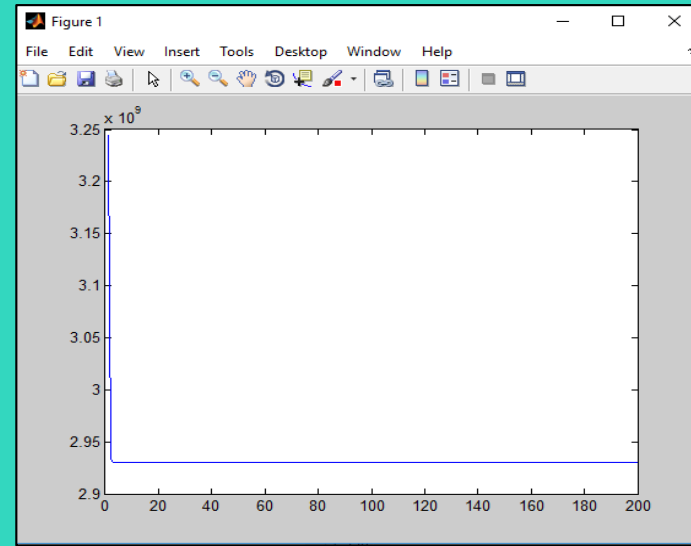


Rp. 3,7555 / h

Selisih RDPSO terhadap PSO



Konvergensi PSO Iterasi ke III



Konvergensi RDPSO Iterasi ke II

Rp. 3.100.270.656,465997

Total biaya bahan bakar

11.671,987 MW

Total daya terbangkit

11,6442 second

Elapsed Time

Simulasi II





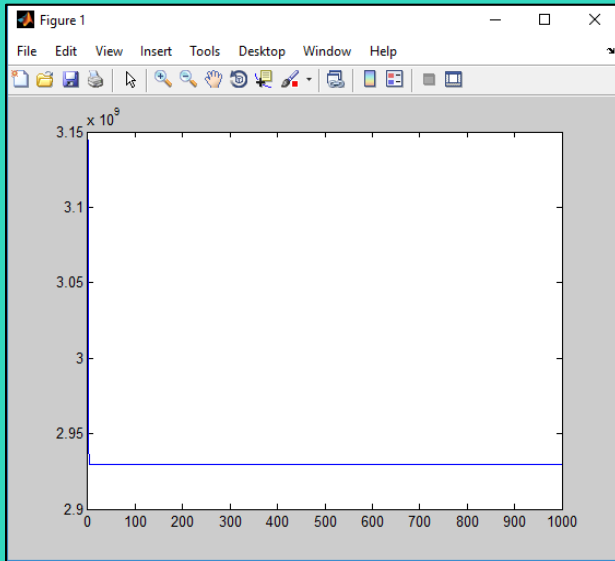
Rp. 20.228.161,8140 / h

Selisih RDPSO terhadap Realisasi PLN

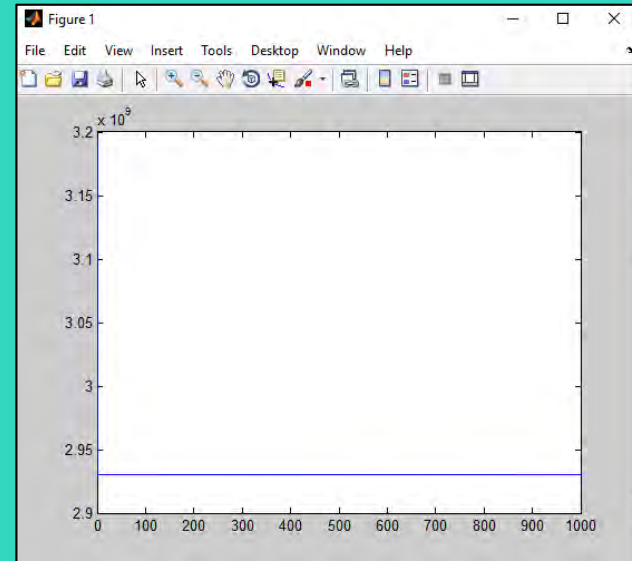


Rp. 3,7560 / h

Selisih RDPSO terhadap PSO



Konvergensi PSO Iterasi ke VI



Konvergensi RDPSO Iterasi ke IV

Bus Asal	Bus Tujuan	Tipe Saluran	Jumlah Saluran	Kapasitas Saluran	Arus Mengalir di Saluran	Status Saluran
1	2	Gannet	2	4.8	0.605991515	Aman
	25	Dove	2	3.96	1.361543393	Aman
2	5	Gannet	1	2.4	0.412771127	Aman
3	4	Gannet	2	4.8	0.197398212	Aman
4	18	Dove	2	3.96	0.188746083	Aman
5	7	Dove	1	1.98	0.859578794	Aman
	8	Dove	1	1.98	0.349763324	Aman
	11	Gannet	2	4.8	0.982922803	Aman
6	7	Dove	1	1.98	0.119034572	Aman
	8	Dove	1	1.98	0.676553462	Aman

Kapasitas Transmisi



Bus Asal	Bus Tujuan	Tipe Saluran	Jumlah Saluran	Kapasitas Saluran	Arus Mengalir di Saluran	Status Saluran
8	9	Dove	2	3.96	0.296266242	Aman
9	10	Dove	2	3.96	1.064929898	Aman
10	11	Dove	2	3.96	1.335323311	Aman
11	12	Gannet	2	4.8	1.799438107	Aman
12	13	Gannet	1	2.4	0.235811629	Aman
	26	Gannet	1	2.4	2.081454172	Peringatan
13	14	Dove	2	3.96	2.661915018	Aman
13	26	Dove	1	1.98	0.846610161	Aman

Kapasitas Transmisi



Bus Asal	Bus Tujuan	Tipe Saluran	Jumlah Saluran	Kapasitas Saluran	Arus Mengalir di Saluran	Status Saluran
14	15	Dove	2	3.96	2.841903587	Aman
	16	Dove	1	1.98	1.053062185	Aman
	20	Dove	1	1.98	0.81007216	Aman
16	17	Dove	2	3.96	1.429548524	Aman
	23	Gannet	2	4.8	2.077480096	Aman
18	5	Dove	2	3.96	0.605499579	Aman
	19	Dove	2	3.96	0.949759425	Aman

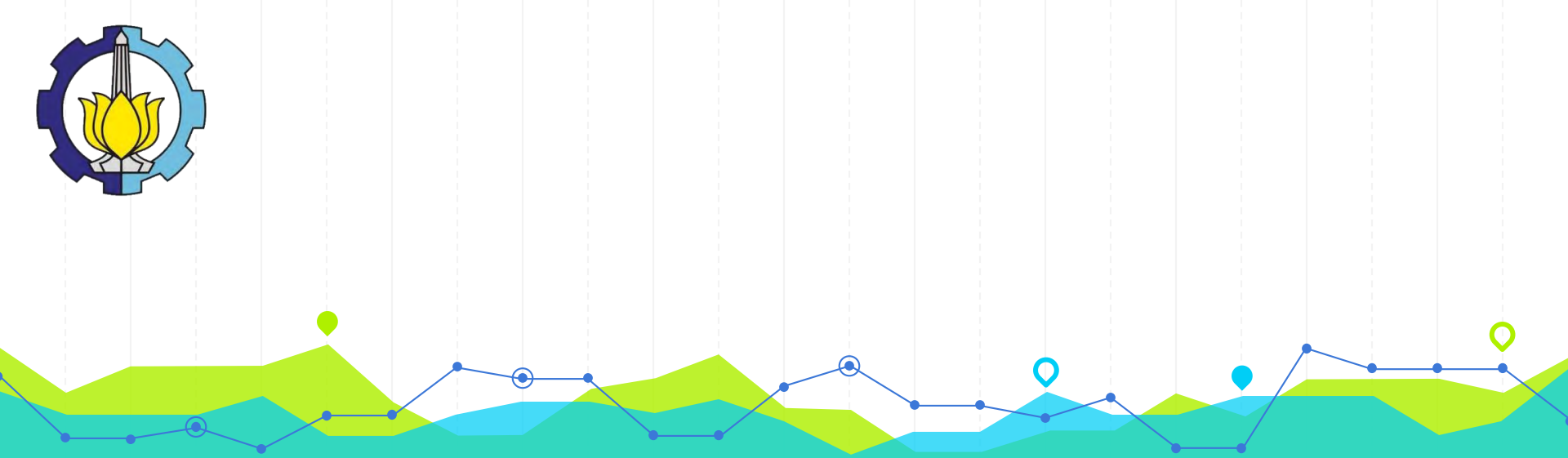
Kapasitas Transmisi



Bus Asal	Bus Tujuan	Tipe Saluran	Jumlah Saluran	Kapasitas Saluran	Arus Mengalir di Saluran	Status Saluran
19	20	Gannet	2	4.8	1.25072827	Aman
20	21	Gannet	2	4.8	1.314228293	Aman
21	22	Gannet	2	4.8	2.106531464	Aman
22	23	Gannet	2	4.8	1.728764399	Aman
24	14	Dove	1	1.98	0.431929665	Aman
	16	Dove	1	1.98	1.105277492	Aman
25	4	Dove	2	3.96	0.651821184	Aman

Kapasitas Transmisi





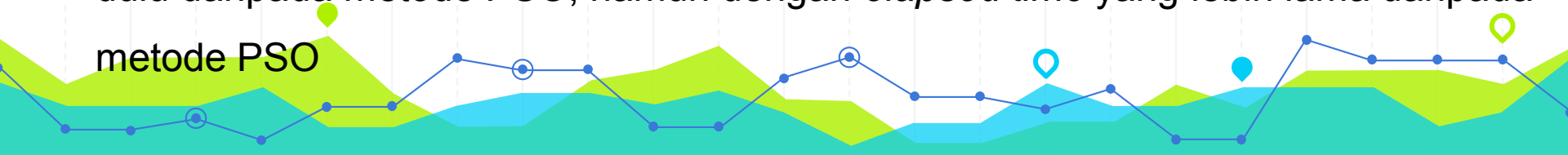
Penutup

Kesimpulan

5

Kesimpulan

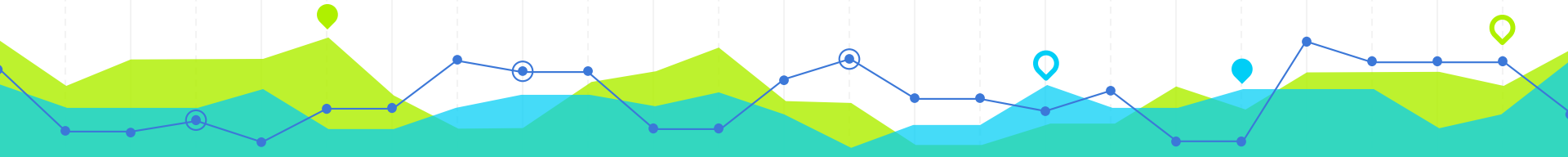
- ❖ Hasil optimasi pembebanan pembangkit pada sistem Jawa – Bali 500 kV dengan menggunakan metode RDPSO mampu menunjukkan biaya bahan bakar yang lebih murah daripada realisasi PLN
- ❖ Hasil optimasi pembebanan menggunakan metode RDPSO menghasilkan arus di saluran yang tidak lebih dari kapasitas saluran
- ❖ PSO dan RDPSO adalah metode optimasi yang sama baik dan cepat dalam mengoptimasi.
- ❖ Optimasi dengan RDPSO mampu menemukan titik optimum pada iterasi yang lebih dulu daripada metode PSO, namun dengan *elapsed time* yang lebih lama daripada metode PSO



THANKS!

Any questions?

You can find me at
Khalid Abri / khalid.abri12@gmail.com





TERIMA KASIH

