

**ANALISIS STABILITAS TRANSIEN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA  
SURYA (PLTS) SMART HYBRID MICROGRID DAN PEMBANGKIT LISTRIK  
TENAGA DIESEL (PLTD) SISTEM SEMAU KABUPATEN KUPANG**  
*Transient Stability Analysis Of Solar Power Plant (Plts) Smart Hybrid Microgrid And  
Diesel Power Plant (Pltd) Semaui System In Kupang Regency*

Alexandrio B Ngani<sup>1</sup> Frans J Likadja<sup>2</sup>, Wellem F Galla<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>) Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Nusa Cendana

**ABSTRAK**

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Semaui berkapasitas 450 KWP di interkonesikan melalui Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM) 20 kV Sistem Semaui Penyulang Selatan merupakan salah satu jenis pembangkit energi terbarukan. Tujuan dari penelitian ini mengkaji stabilitas transien yang terdiri atas tegangan, frekuensi, dan sudut rotor pada pembangkit termal yang terhubung pada SUTM 20 kV Semaui. Metode yang digunakan adalah metode deskriptif kuantitatif yang menjelaskan stabilitas transien akibat perubahan pembebanan generator dengan menggunakan skenario ketika PLTS bekerja dalam kondisi cuaca cerah, berawan, dan hujan. Simulasi stabilitas transien mencakup sudut rotor, frekuensi dan tegangan menggunakan ETAP 19.0.1. Hasil penelitian menunjukkan saat kondisi cuaca cerah suplai daya listrik total PLTD sebesar 471 KW. Sudut rotor pada generator mengalami fluktuasi dan kembali mencapai kondisi sinkron saat memasuki kondisi *steady state* baru pada detik ke-23,. Saat kondisi cuaca berawan, suplai daya listrik PLTS berkurang, PLTD menambah suplai daya listrik ke sistem sebesar 480,7 KW. Nilai dari sudut rotor pada generator PLTD juga mengalami fluktuasi dan kembali stabil pada detik ke 25, saat kondisi cuaca hujan PLTD menyuplai daya ke sistem sebesar 1,09 MW, sistem tetap mengalami fluktuasi pada detik ke 2 dan kembali stabil pada detik ke 25.

**Kata Kunci:** *PLTS Smart Microgrid, PLTD, SUTM 20 kV, Stabilitas Transien*

**ABSTRACT**

*The Semaui Solar Power Plant (PLTS) with a capacity of 450 KWP is interconnected through the 20 kV Medium Voltage Air Line (SUTM) of the Semaui South Feeder System, which is one type of renewable energy generator. The purpose of this study is to examine the transient stability consisting of voltage, frequency, and rotor angle in thermal generators connected to the 20 kV SUTM Semaui. The method used is a quantitative descriptive method that explains the transient stability due to changes in generator loading using scenarios when the PLTS works in sunny, cloudy, and rainy weather conditions. Transient stability simulations include rotor angle, frequency, and voltage using ETAP 19.0.1. The results show that during sunny weather conditions, the total power supply of the PLTD is 471 KW. The rotor angle of the generator fluctuates and returns to synchronous conditions when entering a new steady state condition at the 23rd second. When cloudy weather conditions, the power supply of the PLTS is reduced, the PLTD increases the power supply to the system by 480.7 KW. The rotor angle of the diesel generator also fluctuated and stabilized at the 25th second. During rainy weather, the diesel generator supplied 1.09 MW of power to the system. The system continued to fluctuate at the 2nd second and stabilized at the 25th second.*

**Keywords:** *PLTS Smart Microgrid, PLTD, SUTM 20 kV, Stabilitas Transien*

**PENDAHULUAN**

Kebutuhan listrik di Indonesia semakin meningkat, untuk memenuhi kebutuhan

listrik tersebut dibutuhkan pengembangan pembangkit baru yang handal. Namun, pengembangan pembangkit termal telah dibatasi karena menimbulkan polusi. Oleh karena itu, menuntut pengembangan pembangkit energi baru terbarukan (EBT) yang bebas polusi seperti PLTS, PLTA, PLTB [1]. Pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) merupakan salah satu opsi pembangkit EBT yang memiliki potensi besar di dunia dimana daya dari energi matahari yang diterima bumi adalah  $1,8 \times 10^{11}$  MW cukup besar jika dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan listrik masyarakat [2].

Di Provinsi Nusa Tenggara Timur (NTT), tepatnya di Desa Huilelot, Kecamatan Semau, Kabupaten Kupang telah dibangun sebuah PLTS dengan kapasitas pembangkitan sebesar 450 KWP. PLTS ini mulai beroperasi pada tahun 2020 dengan mengintegrasikan PV, baterai, dan terinterkoneksi dengan PLTD dalam sistem *smart hybrid microgrid*. PLTS direncanakan menyuplai listrik pada siang hari dan menggunakan baterai PLTS pada malam hari. PLTS adalah pembangkit listrik yang sifatnya intermiten dan dipengaruhi oleh kondisi cuaca, saat berawan dan atau saat musim hujan tiba. Suhu dan kelembaban berpengaruh juga terhadap kinerja fotovoltaiik, tegangan yang dihasilkan dipengaruhi oleh kelembaban relatif dan efisiensi fotovoltaiik dipengaruhi oleh suhu [3].

Kondisi ini menyebabkan terjadinya fluktuasi pada daya keluaran dari PLTS dan ini mempengaruhi daya keluaran yang harus dihasilkan oleh PLTD. Ketika PLTS menghasilkan daya keluaran kecil maka PLTD harus bekerja lebih keras untuk menghasilkan daya keluaran yang besar, agar tetap dapat memenuhi permintaan beban listrik. Ketika PLTS menghasilkan daya keluaran besar, maka daya keluaran PLTD dapat disesuaikan. Untuk meredam fluktuasi yang ada maka diperlukan adanya baterai. Baterai akan mem-*back up* suplai daya PLTS ke jaringan secara otomatis saat daya keluaran PLTS berkurang, sehingga PLTD tidak perlu dipaksa bekerja untuk memenuhi permintaan beban. Namun, terkadang saat *discharging*, tegangan akan berjalan balik menuju pembangkit atau biasa disebut dengan *reverse power*[4].

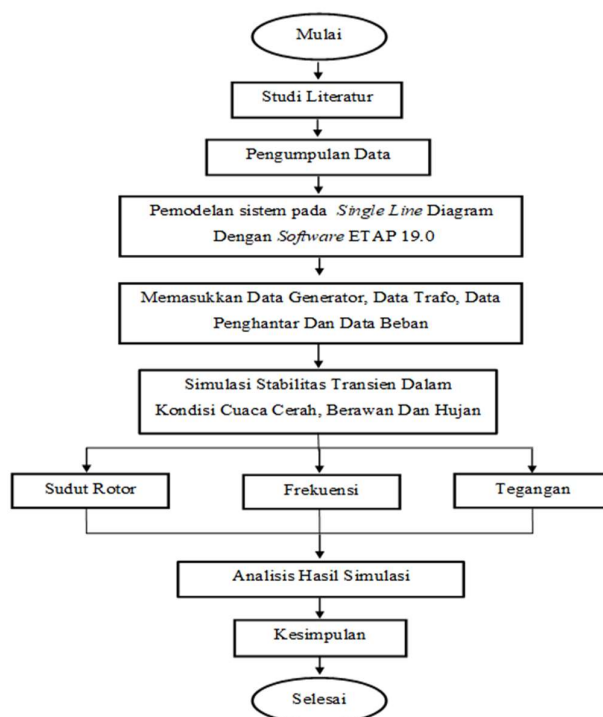
Untuk itu, dibutuhkan analisis kestabilan transien mengetahui respon PLTD saat terjadi fluktuasi tersebut, sehingga dapat mengantisipasi jika terjadi hal yang tidak diharapkan seperti halnya hilangnya sinkronisme dan frekuensi yang melebihi batas pada sistem. Saat mengalami gangguan sistem akan mengalami masalah kestabilan. Kestabilan sistem tenaga listrik sendiri di definisikan sebagai kemampuan suatu sistem tenaga dengan kondisi awal tertentu kemudian mengalami gangguan, dengan banyak variabel yang dibatasi untuk kembali ke keadaan normal [5][6]. Suatu sistem akan mencapai kestabilan ketika daya mekanik pada penggerak utama generator (*prime mover*) seimbang dengan

daya listrik yang disalurkan ke beban[7]. Kestabilan sistem tenaga listrik dikategorikan menjadi tiga, yaitu kestabilan frekuensi, sudut rotor, dan tegangan [8][9][10]. Kestabilan sistem yang dapat menyebabkan masalah besar adalah kestabilan transien[11].

Kestabilan transien merupakan kemampuan dari sistem tenaga untuk mempertahankan sinkronisasi ketika mengalami perubahan besar[12][13]. Perubahan besar ini berupa gangguan besar yang terjadi pada sistem seperti gangguan hubung singkat, motor starting, pelepasan beban serta penambahan beban secara tiba-tiba[4]. Jika perubahan besar yang terjadi tidak dihilangkan dalam rentang waktu tertentu, maka hal ini akan menyebabkan sinkronisasi generator dengan sistem akan hilang [8]. Dalam menganalisis kestabilan transien menggunakan *Program Transient Stability Analysis* dalam *software* ETAP. Fungsi dari *Program Transient Stability* ini menyelidiki batas kestabilan sistem tenaga sebelum, selama dan setelah terdapat perubahan sistem atau terdapat gangguan[14].

## METODOLOGI PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan adalah metode deskriptif kuantitatif yang menjelaskan stabilitas transien akibat terjadinya suplai daya listrik ke sistem ketika PLTS bekerja dalam kondisi cuaca cerah, berawan, dan hujan. Kerangka pikir penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



**Gambar 1** Kerangka Pikir Penelitian

Simulasi stabilitas transien mencakup sudut rotor, frekuensi dan tegangan untuk mengetahui respon PLTD saat terjadi fluktuasi agar dapat mengantisipasi jika terjadi hal yang tidak diharapkan seperti halnya hilangnya sinkronisme. Data dikumpulkan melalui studi literatur dan pengumpulan data sekunder lainnya antara lain, Single Line Diagram, data trafo, data beban, data penghantar yang diperoleh dari PT. PLN (Persero) UPK Timor. Setelah data dikumpulkan, dilakukan pemodelan menggunakan perangkat lunak ETAP 19.0.1 dan dilakukan simulasi Transient Stability

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Data PLTS Semau 450 KWP

#### 3.1.1 Data Peralatan

Dalam sistem pembangkitannya, PLTS Semau menggunakan beberapa peralatan dengan spesifikasi sebagai berikut:

##### Modul Surya (*Photovoltaic Module*)

Modul surya menggunakan bahan *Monocrystalline* yang mampu menghasilkan daya keluaran mencapai 240 W. Modul ini bekerja dalam kondisi cerah, berawan, bahkan hujan dikarenakan prinsip kerjanya sendiri yang menggunakan radiasi matahari untuk kemudian diubah menjadi energi listrik. Spesifikasi modul surya dapat dilihat pada Tabel 1, berikut:

Tabel 1. Spesifikasi PV

Tipe	BYD240P6C-30
Kekuatan Puncak (Pmaks)	240 W
Tegangan Rangkaian Terbuka (Voc)	37,14 V
Tegangan Daya Maksimal (Vmp)	29,57 V
Arus Sirkuit Pendek (Isc)	8,65 A
Arus Daya Maksimum (Imp)	8,12 A
Pemilihan Daya	0 ~ 5 W

Daya maksimal pada satu modul surya adalah 240 W dengan tegangan rangkaian terbukanya adalah 37,14 V, tegangan maksimal sebesar 29,57 V lalu arus sirkuit pendeknya adalah 8,65 A dan arus daya maksimum sebesar 8,12 A serta pemilihan daya adalah 0~5W.

##### Inverter PV

Spesifikasi inverter PV yang di gunakan pada PLTS ini dapat dilihat pada tabel 2 berikut:

**Tabel 2** Spesifikasi Inverter PV

Merek	SMA Solar Teknologi AG		
Model	STP 25000TL	CORE1 50	
DC	VDC Max	1000 V	1000 V
	VDC MPP	390 – 800/600 V	500 – 800/670 V
	IDC Max	33 A / 33 A	120 A / 20 A

AC	Isc PV	43 A / 43 A	30 A / 30 A
	VAC.r	380/400/415 V	380/400/415 V
	PAC.r	25000 W	50000 W
	Smax	25000 VA	50000 VA
	fAC.r	50 / 60 Hz	50 / 60 Hz
	IAC Max	36,2 A	72,5 A

### Penghantar

Berikut spesifikasi penghantar yang digunakan oleh PLTS Semaui dapat dilihat pada tabel 3 berikut:

**Tabel 3.** Spesifikasi Penghantar

Tipe	Voksel N2XY
Ukuran	150 mm
Tegangan	20 kV
Panjang Penghantar	25 m
Frekuensi	50 Hz

Penghantar yang digunakan oleh PLTS Semaui adalah tipe Voksel N2XY dengan diameter 150 mm, tegangan 20 kV, Panjang penghantar dari kubikel ke titik interkoneksi adalah 25 m dengan frekuensi 50 Hz.

### Transformator

Transformator yang digunakan ialah transformator penaik tegangan (*step-up*) dengan spesifikasi yang dapat dilihat pada tabel 4 berikut:

**Tabel 4.** Spesifikasi Trafo *Step-Up*

Tipe	B&D
Phasa	3
Rating	250 kVA
Tegangan	20 kV/400 V
Arus	7,217 A/360,844 A
Impedansi Tegangan	4,00 %

Trafo yang digunakan pada PLTS Semaui adalah tipe B&D dengan arus 3 phasa, ratingnya adalah 250 kVA dengan tegangan maksimal 20 kV tegangan minimal 400 V, arus maksimal 7,217 A arus minimal 360,844 A dan impedansi tegangan 4,00 %.

### 1. Baterai

Spesifikasi baterai yang digunakan oleh PLTS Semaui dapat dilihat pada tabel 5 berikut:

**Tabel 5** Spesifikasi Baterai

Tipe	OGiV 2-1000LL
Tegangan Nominal	2V
Kapasitas	100Ah@10hr-rate to 1.80VPC @25°C
Berat	77.0 Kg
Arus Pelepasan Maks.	3800 A (5 sec)
Suhu Pengoperasian Optimal	25°C±5°C
Pengisian Mengambang Tegangan	2.25 to 2.3 VDC@25°C

## 2. Bidirectional Inverter

Spesifikasi bidirectional inverter yang di gunakan pada PLTS ini dapat dilihat pada tabel 6 berikut:

**Tabel 6** Spesifikasi Bidirectional Inverter

Merek Model	ABB PCS 100	
DC	VDC	800 V
AC	VAC	230/380 V
	fAC	50 / 60 Hz

**3.1.2 Data Daya Pembangkit PLTS Semau**

Daya pembangkitan PLTS Semau dibagi dalam tiga kondisi yakni kondisi cerah, berawan, dan hujan. Data ini diambil pada bulan April 2023 yang dapat dilihat pada tabel 7 berikut:

**Tabel 7** Daya Pembangkit

Kondisi	Daya (kW)
Cerah	100 KWP
Berawan	60 KWP
Hujan	0

**1.1 Data PT. PLN (Persero) UPK Timor****1.1.1 Data Beban Puncak**

Berikut adalah data beban puncak rata – rata sistem Semau yang di ambil pada bulan April 2023.

**Tabel 8** Data Beban Puncak

Jenis Beban Puncak	Beban Puncak
Siang (10.00 WITA)	294 kVA
Malam (19.00 WITA)	507 kVA

**1.1.2 Data Penghantar SUTM**

Berikut merupakan data penghantar pada saluran udara tegangan menengah sistem Semau.

**Tabel 9** Data Penghantar

Penyulang	Section	Jenis Penghantar	Panjang Penghantar (kms)
Hansisi	PLTD - Tiang 13 Holain	AAAC 50	6,285
	Tiang 13 Holain – Ujung TM	AAACS 70	0,274
	CO Pantai – CO Letbaun	AAAC 50	1,501
	CO Letbaun – Ujung TM	AAAC 70	6,533
	Pertigaan SD – CO Suin	AAACS 70	0,546
	CO Suin – Ujung TM	AAAC 70	2,012

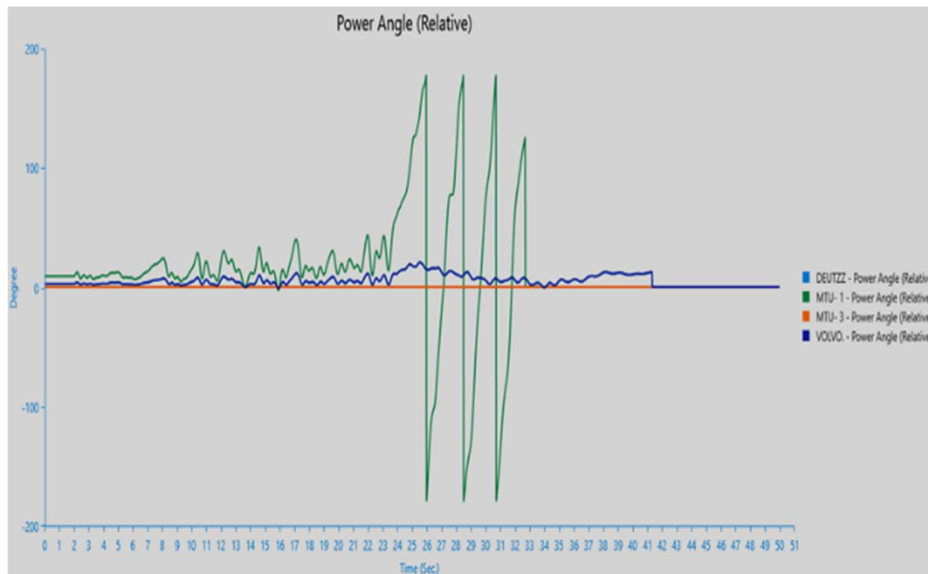
Ekspress	PLTD – Pertigaan SD	MVTIC 150	0,624
	Pertigaan SD – Tiang 13 PLTS	AAAC 50	5,737
	Tiang 13 PLTS – <i>Out Going</i>	MVTIC 150	0,0993
	<i>Out Going</i> - Tiang 13 PLTS	AAAC 70	0,0779
	Tiang 13 – CO Ketabak	AAAC 50	0,437
	CO Ketabak – Ujung TM	AAAC 50	1,720
	Tiang 13 – Puskesmas Uiteo	AAAC 150	8,472
	CO Uinaok – Ujung TM	AAAC 70	1,738
Selatan	Puskesmas Uitao – PS 11	AAAC 50	3,974
	CO Onanbalu – Ujung TM	AAAC 70	3,543
	Pertigaan REC Boksa – PS 14	AAAC 50	5,398
	PS 14 – CO Pahlelo	AAAC 50	10,226
	CO Pahlelo – Ujung Uiboa	AAAC 70	4,072
	CO Pahlelo – PS 21	AAAC 70	7,558
	CO Akle – Ujung TM	AAAC 70	3,623
	CO Oetefu Kecil – Ujung TM	AAAC 70	0,938

## 1.2 Pembebanan Pada PLTS dan Generator PLTD

Pembebanan pada PLTS dan masing-masing generator terbagi dalam 3 kondisi, yakni cuaca cerah, berawan, dan hujan. Pada kondisi cuaca cerah PLTS menyuplai daya sebesar 100 kW dan pembebanan pada generator Deutz, generator Volvo, generator MTU-1, dan generator MTU-2 masing-masing sebesar 72,2 kW, 72,2 kW, 182,1 kW, dan 144,5 kW. Pada kondisi cuaca berawan PLTS menyuplai daya sebesar 60 kW di backup oleh baterai sebesar 30 kW dan pembebanan pada generator Deutz, generator Volvo, generator MTU-1, dan generator MTU-2 masing-masing sebesar 73,8 kW, 73,8 kW, 185,9 kW dan 147,5 kW. Pada kondisi cuaca hujan PLTS terlepas dari sistem sehingga beban di ambil oleh baterai sebesar 30 kW dan pembebanan pada generator Deutz, generator Volvo, generator MTU-1, dan generator MTU-2 masing-masing sebesar 76,6 kW, 76,6 kW, 193,1 kW dan 153,3 kW.

### Simulasi Kestabilan Transien Dilihat Dari Sudut Rotor

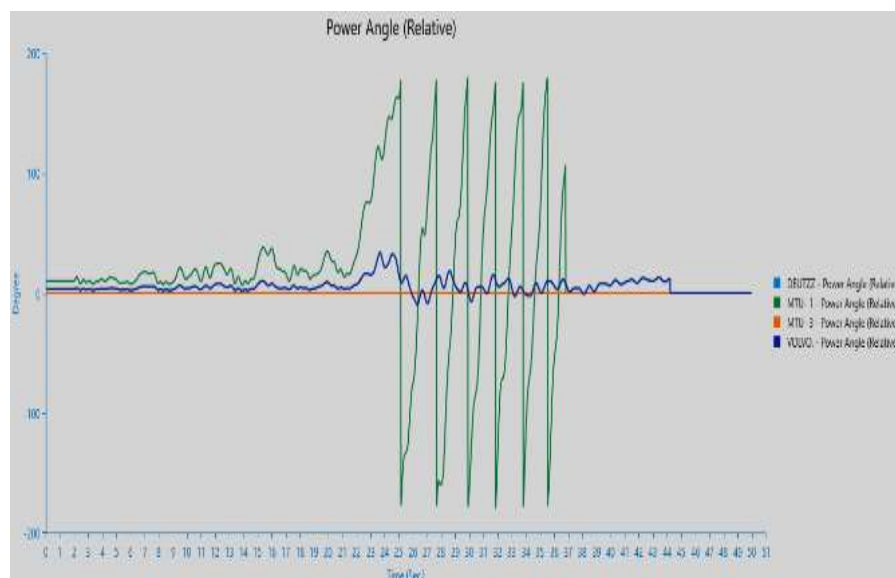
#### 1. Grafik Sudut Rotor Kondisi Cuaca Cerah



**Gambar 2** Sudut Rotor pada Generator Kondisi Cuaca Cerah

Dilihat dari gambar 2 sudut rotor mengalami kestabilan yang konstan hingga detik ke-2 dengan besaran sudut rotor pada generator Deutz dan Volvo yakni  $2,67^\circ$  dan nilai sudut rotor pada generator MTU-1 adalah  $8,96^\circ$ . Namun saat melewati detik ke-2 nilai sudut rotor pada generator Deutz, Volvo, dan MTU-1 mengalami fluktuasi karena adanya gangguan sehingga mencapai kondisi *steady state* yang baru pada detik ke-23 dengan besaran sudut rotor pada generator Deutz dan Volvo yakni  $7,9^\circ$  dan nilai sudut rotor pada generator MTU-1 adalah  $38^\circ$ . Sedangkan nilai sudut rotor dari generator MTU-3 konstan hingga detik ke-50 dengan besaran sudut rotor adalah  $0^\circ$ .

## 2. Grafik Sudut Rotor Kondisi Cuaca Berawan

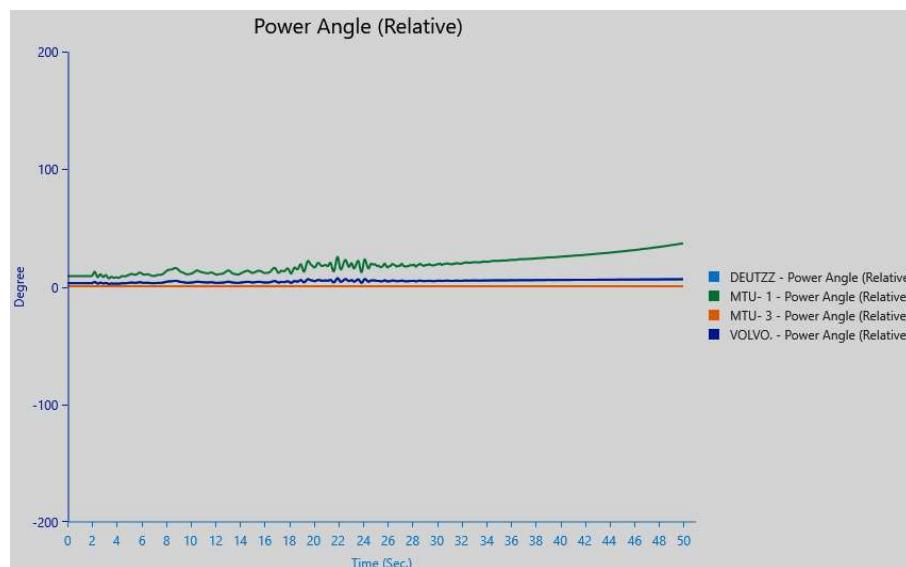


**Gambar 3** Sudut Rotor pada Generator Kondisi Cuaca Berawan



Dilihat dari gambar 3 sudut rotor mengalami kestabilan yang konstan hingga detik ke-2 dengan besaran sudut rotor pada generator Deutz dan Volvo yakni  $2,92^\circ$  dan nilai sudut rotor pada generator MTU-1 adalah  $9,78^\circ$ . Namun saat melewati detik ke-2 nilai sudut rotor pada generator Deutz, Volvo, dan MTU-1 mengalami fluktuasi karena adanya gangguan sehingga mencapai kondisi *steady state* yang baru pada detik ke-25 dengan besaran sudut rotor pada generator Deutz dan Volvo yakni  $14,2^\circ$  dan nilai sudut rotor pada generator MTU-1 adalah  $162,7^\circ$ . Sedangkan nilai sudut rotor dari generator MTU-3 konstan hingga detik ke-50 dengan besaran sudut rotor adalah  $0^\circ$ .

### 3. Grafik Sudut Rotor Kondisi Cuaca Hujan



**Gambar 4** Sudut Rotor pada Generator Kondisi Cuaca Hujan

Dilihat dari gambar 4 sudut rotor mengalami kestabilan yang konstan hingga detik ke-2 dengan besaran sudut rotor pada generator Deutz dan Volvo yakni  $2,6^\circ$  dan nilai sudut rotor pada generator MTU-1 adalah  $8,7^\circ$ . Namun saat melewati detik ke-2 nilai sudut rotor pada generator Deutz, Volvo, dan MTU-1 mengalami fluktuasi karena adanya gangguan sehingga mencapai kondisi *steady state* yang baru pada detik ke-25 dengan besaran sudut rotor pada generator Deutz dan Volvo yakni  $4,9^\circ$  dan nilai sudut rotor pada generator MTU-1 adalah  $18,5^\circ$ . Sedangkan nilai sudut rotor dari generator MTU-3 konstan hingga detik ke-50 dengan besaran sudut rotor adalah  $0^\circ$ .

### Pembahasan

Pada kondisi cuaca cerah PLTS menyuplai daya sebesar 100 kW dan pembebanan pada generator Deutz, generator Volvo, generator MTU-1, dan generator MTU-2 masing-masing sebesar 72,2 kW, 72,2 kW, 182,1 kW, dan 144,5 kW. Sudut rotor mengalami

kestabilan yang konstan hingga detik ke-2 dengan besaran sudut rotor pada generator Deutz dan Volvo yakni  $2,67^\circ$  dan nilai sudut rotor pada generator MTU-1 adalah  $8,96^\circ$ . Namun saat melewati detik ke-2 nilai sudut rotor pada generator Deutz, Volvo, dan MTU-1 mengalami fluktuasi karena adanya gangguan sehingga mencapai kondisi *steady state* yang baru pada detik ke-23 dengan besaran sudut rotor pada generator Deutz dan Volvo yakni  $7,9^\circ$  dan nilai sudut rotor pada generator MTU-1 adalah  $38^\circ$ , fluktuasi yang terjadi masih dalam keadaan sinkron. Sedangkan nilai sudut rotor dari generator MTU-3 konstan hingga detik ke-50 dengan besaran sudut rotor adalah  $0^\circ$ . Pada kondisi cuaca berawan PLTS menyuplai daya sebesar 60 kW di *backup* oleh baterai sebesar 30 kW dan pembebanan pada generator Deutz, generator Volvo, generator MTU-1, dan generator MTU-2 masing-masing sebesar 73,8 kW, 73,8 kW, 185,9 kW dan 147,5 kW. Sudut rotor mengalami kestabilan yang konstan hingga detik ke-2 dengan besaran sudut rotor pada generator Deutz dan Volvo yakni  $2,92^\circ$  dan nilai sudut rotor pada generator MTU-1 adalah  $9,78^\circ$ . Namun saat melewati detik ke-2 nilai sudut rotor pada generator Deutz, Volvo, dan MTU-1 mengalami fluktuasi karena adanya gangguan sehingga mencapai kondisi *steady state* yang baru pada detik ke-25 dengan besaran sudut rotor pada generator Deutz dan Volvo yakni  $14,2^\circ$  dan nilai sudut rotor pada generator MTU-1 adalah  $162,7^\circ$ , fluktuasi yang terjadi masih dalam keadaan sinkron. Sedangkan nilai sudut rotor dari generator MTU-3 konstan hingga detik ke-50 dengan besaran sudut rotor adalah  $0^\circ$ . Pada kondisi cuaca hujan PLTS terlepas dari sistem sehingga beban di ambil oleh baterai sebesar 30 kW dan pembebanan pada generator Deutz, generator Volvo, generator MTU-1, dan generator MTU-2 masing-masing sebesar 76,6 kW, 76,6 kW, 193,1 kW dan 153,3 kW. Dilihat dari gambar 4.4 sudut rotor mengalami kestabilan yang konstan hingga detik ke-2 dengan besaran sudut rotor pada generator Deutz dan Volvo yakni  $2,6^\circ$  dan nilai sudut rotor pada generator MTU-1 adalah  $8,7^\circ$ . Namun saat melewati detik ke-2 nilai sudut rotor pada generator Deutz, Volvo, dan MTU-1 mengalami fluktuasi karena adanya gangguan sehingga mencapai kondisi *steady state* yang baru pada detik ke-25 dengan besaran sudut rotor pada generator Deutz dan Volvo yakni  $4,9^\circ$  dan nilai sudut rotor pada generator MTU-1 adalah  $18,5^\circ$ , fluktuasi yang terjadi masih dalam keadaan sinkron. Sedangkan nilai sudut rotor dari generator MTU-3 konstan hingga detik ke-50 dengan besaran sudut rotor adalah  $0^\circ$ .

## KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka diperoleh kesimpulan yakni pembebanan pada generator Deutz, Volvo, MTU-1, dan MTU-3 saat kondisi cuaca cerah masing-masing sebesar 72,2 kW, 72,2 kW, 182,1 kW, dan 144,5 kW. Nilai dari sudut rotor pada generator Deutz, Volvo, dan MTU-1 mengalami fluktuasi dan kembali mencapai kondisi sinkron saat memasuki kondisi *steady state* baru sedangkan pada generator MTU-3 tetap stabil. Pembebanan pada generator Deutz, Volvo, MTU-1, dan MTU-3 saat kondisi cuaca berawan masing-masing sebesar 73,8 kW, 73,8 kW, 185,9 kW dan 147,5 kW. Nilai dari sudut rotor pada generator Deutz, Volvo, dan MTU-1 mengalami fluktuasi dan kembali mencapai kondisi sinkron saat memasuki kondisi *steady state baru* sedangkan pada generator MTU-3 tetap stabil. Pembebanan pada generator Deutz, Volvo, MTU-1, dan MTU-3 saat kondisi cuaca hujan masing-masing sebesar 76,6 kW, 76,6 kW, 193,1 kW dan 153,3 kW. Nilai dari sudut rotor pada generator Deutz, Volvo, dan MTU-1 mengalami fluktuasi dan kembali mencapai kondisi sinkron saat memasuki kondisi *steady state* baru sedangkan pada generator MTU-3 tetap stabil.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. O. Ferdiansyah and S. Sarwito, "Analisis Kestabilan Transien pada Container Crane dengan Suplai Energi Terbarukan Berbasis Simulasi," *J. Tek. ITS*, vol. 9, no. 2, pp. 131–136, 2021, doi: 10.12962/j23373539.v9i2.57096.
- [2] M. Hafidz and M. Jp, "Perancangan Interkoneksi Pembangkit Listrik Tenaga Surya 1mwp On-Grid Pada Jaringan Distribusi Cileungsi," vol. 9, no. 2, pp. 112–124, 2019.
- [3] F. J. Likadja, W. F. Galla, and D. C. Kase, "Analisis Penyambungan PLTS Oelpuah 5 Mwp Ke Sistem Saluran Udara Tegangan Menengah 20 KV PT . PLN Unit Layanan Kupang,," vol. XI, no. 1, pp. 17–24, 2022.
- [4] N. S. Yuliani, "Analisis Kestabilan Transien Pada Sistem Hybrid PLTS-Baterai-PLTD Pada Sistem Tomia Island," Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2019.
- [5] N. Hatzargyriou *et al.*, "Definition and Classification of Power System Stability - Revisited & Extended," *IEEE Trans. Power Syst.*, vol. 36, no. 4, pp. 3271–3281, 2021.
- [6] F. Filiana, "Analisis Kestabilan Transient untuk Sistem Smart Grid Berdasarkan Metode Lintasan Kritis yang Mempertimbangkan Algoritma Persamaan Simultan," 2017.
- [7] S. Sunardiyo, A. Suryanto, and Y. Primadiyono, "Pemodelan Sistem Pembangkit Hybrid Diesel Generator- PV Microgrid Interaktif ( Kajian Smart Hybrid ).," pp. 65–87, 2022.
- [8] J. T. F. on S. T. and D. IEEE/CIGRE, "Definition and Classification of Power System Stability," 2004.
- [9] B. A. A, M. Pujiantara, and D. Fahmi, "Analisis Kestabilan Transien Dan Mekanisme Pelepasan Beban Di PT. Pusri Akibat Penambahan Generator Dan Penambahan Beban,," *J. Tek. ITS*, vol. 6, no. 1, 2017.

- [10] F. Ariansyah, A. Priyadi, and M. Pujiantara, "Analisis Kestabilan Transien dan Pelepasan Beban Pada Sistem Integrasi 33 KV PT. Pertamina RU IV Cilacap akibat Penambahan Beban RFCC dan PLBC," *J. Tek. ITS*, vol. 5, no. 1, pp. 19–23, 2016.
- [11] A. Budi Laksono and Z. Abidin, "Analisis Aliran Daya dan Stabilitas Sistem Tenaga Listrik Sistem Multi Mesin dengan ETAP," *JE-Unisla*, vol. 5, no. 1, p. 297, 2020, doi: 10.30736/je.v5i1.423.
- [12] W. Winarso and Y. Yunarto, "Analisa Dan Simulasi Stabilitas Transien Dengan Pelepasan Beban Pada Sistem Pembangkit Tenaga Listrik PT. Indo Bharat Rayon," *Din. Rekayasa*, vol. 13, no. 2, p. 61, 2017, doi: 10.20884/1.dr.2017.13.2.170.
- [13] Yudiestira, "Analisis Kestabilan Transien Dan Mekanisme Pelepasan Beban Di PT. Pertamina RU V Balikpapan Akibat Penambahan Generator 2x15 Mw Dan Penambahan Beban 25 Mw.," Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2016.
- [14] Anwar and M. A. Sudawan, "Analisis Kestabilan Transient Sudut Rotor Pada Sistem Kelistrikan Sulselrabar," Universitas Muhammadiyah Makassar, 2018.
- [15] D. N. K. Hardani, A. A. Triyanda, and W. Winarso, "Monitoring Stabilitas Transien Pada Sistem Tenaga Listrik," *JRST (Jurnal Ris. Sains dan Teknol.*, vol. 3, no. 2, p. 69, 2019.