

# **SIMULASI OPTIMASI SINKRONISASI FREKUENSI PADA TEGANGAN MENENGAH DENGAN MENGGUNAKAN ARDUINO UNO DAN *VOLTAGE TRANSFORMERS* DI PT. BEKAERT**

**Fakhri Nurhadi**

**NRP : 1322046**

**e-mail : [Fakhrinurhadi@gmail.com](mailto:Fakhrinurhadi@gmail.com)**

## **ABSTRAK**

Perbedaan kualitas pembangkit listrik perlu diperhatikan untuk menjaga kestabilan dari frekuensi daya dalam sebuah jaringan listrik. Karena spesifikasi dari tiap pembangkit dalam sebuah region umumnya berbeda-beda, sesuai dengan tahun pembangunan dan kebutuhan dari sub-region pembangkit-pembangkit tersebut. Hal ini ditanggulangi oleh PLN menggunakan perangkat sinkronisasi pada generator-generator di region tersebut untuk meningkatkan kestabilan frekuensi daya pada jaringan di region tersebut.

Pada Tugas Akhir ini, dirancang sebuah simulasi dari panel sinkronisasi generator menggunakan Arduino UNO dan VTs dengan menggunakan 2 generator sebagai representasi dari jaringan transmisi dalam sebuah jaringan *parallel*.

Hasil simulasi menggunakan 3 macam transformator 50 kva, 100 kva dan 160 kva dengan Arduino uno mendapatkan hasil toleran sebesar 2,61 sampai 3,54 % yang mendekati nilai frekuensi fundamental yaitu 50 Hz.

**Kata kunci :** *Generator sinkron, Frekuensi daya, Arduino Uno, VTs*

**SIMULATION OF FREQUENCY SYNCHRONIZATION  
OPTIMIZATION IN MEDIUM VOLTAGE USING ARDUINO  
UNO AND VTS (VOLTAGE TRANSFORMERS) AT PT.  
BEKAERT**

**Fakhri Nurhadi**

**NRP : 1322046**

**e-mail : [Fakhrinurhadi@gmail.com](mailto:Fakhrinurhadi@gmail.com)**

**ABSTRACT**

To maintain the stability of the power frequency in electrical network, differences in the quality of power plants need to be considered. Due to the specifications of each generator in a region generally varies according to the year development and the needs of the power plant sub-region. Thing this is overcome by PLN using synchronization devices on generators in the region to increase the stability of the power frequency at network in the region.

In this final project, a simulation of the synchronization panels designed generator using Arduino UNO and VTs by using 2 generators as a representation of the transmission network in a parallel network. The simulation results use 3 kinds of transformers 50 KVA, 100 KVA, and 160 KVA with Arduino UNO get tolerant results of 2.61 to 3.54% which is close to the fundamental frequency value of 50 Hz.

**Keywords** : *Synchronous Generator, Power Frequency, Arduino UNO, VTs*

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	
LEMBAR PENGESAHAN	
PERNYATAAN ORISINALITAS LAPORAN TUGAS AKHIR	
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI LAPORAN TUGAS AKHIR	
KATA PENGANTAR	
ABSTRAK .....	i
ABSTRACT.....	ii
DAFTAR ISI.....	iii
DAFTAR GAMBAR.....	v
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xii
BAB I PENDAHULUAN	
I.1 Latar Belakang.....	1
I.2 Perumusan Masalah.....	2
I.3 Tujuan .....	2
I.4 Batasan Masalah .....	3
I.5 Sistematika Penulisan .....	3
BAB II LANDASAN TEORI	
II.1 Sinkronisasi Generator.....	5
II.1.1 Sistem Tenaga Listrik.....	5
II.1.2 Mutu Tenaga Listrik.....	6
II.1.3 Terjadinya Perubahan Frekuensi Pada Pembangkit.....	7
II.1.4 Generator Sinkron .....	8
II.1.5 Rangkaian Ekuivalen Generator Sinkron.....	12
II.1.6 Gangguan-Gangguan Generator Sinkron.....	13
II.2 Jaringan Distribusi.....	17
II.2.1. Jaringan Distribusi Tenaga Listrik .....	17
II.2.2 Klasifikasi Saluran Distribusi.....	18

II.2.3 Jenis Konstruksi Jaringan Tegangan Menengah .....	19
II.2.4 Tipe Jaringan Distribusi Primer.....	21
II.2.5 Gardu Distribusi .....	12
<b>BAB III PERANCANGAN SISTEM</b>	
III.1 Perancangan Sistem .....	33
III.2 Diagram Alir Pembacaan Perbaikan Frekuensi .....	34
III.3 Skema Rangkaian Program Pada <i>Simulink</i> .....	36
III.4 Diagram Blok Penerapan Arduino .....	37
III.5 Skema Rangkaian Penerapan Arduino.....	38
III.6 Data Pengamatan.....	39
<b>BAB IV HASIL DAN ANALISIS</b>	
IV.1 Data Pengamatan .....	45
IV.1.1 Hasil Keluaran .....	46
IV.1.2 Hasil Percobaan Kuantisasi.....	47
IV.2 Analisis .....	110
<b>BAB V SIMPULAN DAN SARAN</b>	
V.1 Simpulan.....	114
V.2 Saran.....	115
<b>DAFTAR REFERENSI .....</b>	<b>33</b>
<b>LAMPIRAN A SYNTAX PROGRAM .....</b>	<b>A-1</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar III.1	Diagram Alir Proses Simulasi .....	33
Gambar III.2	Flowchart Pembacaan Dan Perbaikan Frekuensi .....	34
Gambar III.3	Skema Rangkaian Sistem Distribusi Tenaga Listrik dan VTs .....	36
Gambar III.4	Diagram Blok Sistem Tegangan .....	37
Gambar III.5	Skema Rangkaian Arduino UNO .....	38
Gambar III.6	Arus Pada PT BEKAERT .....	40
Gambar III.7	Tegangan Pada PT BEKAERT .....	40
Gambar III.8	Daya Nyata Pada PT BEKAERT .....	41
Gambar III.9	Daya Reaktif Pada PT BEKAERT .....	41
Gambar III.10	Daya Semu Pada PT BEKAERT .....	42
Gambar III.11	Grafik Frekuensi Pada PT BEKAERT .....	44
Gambar IV.1	Grafik Frekuensi Pada PT BEKAERT .....	47
Gambar IV.2	Grafik Frekuensi Dengan VTs 50 KVA Pada 19 KV di PT BEKAERT .....	49
Gambar IV.3	Grafik Frekuensi Dengan VTs 50 KVA Pada 19,2 KV di PT BEKAERT .....	49
Gambar IV.4	Grafik Frekuensi Dengan VTs 50 KVA Pada 19,4 KV di PT BEKAERT .....	50
Gambar IV.5	Grafik Frekuensi Dengan VTs 50 KVA Pada 19,6 KV di PT BEKAERT .....	51
Gambar IV.6	Grafik Frekuensi Dengan VTs 50 KVA Pada 19,8 KV di PT BEKAERT .....	51
Gambar IV.7	Grafik Frekuensi Dengan VTs 50 KVA Pada 20 KV di PT BEKAERT .....	52
Gambar IV.8	Grafik Frekuensi Dengan VTs 50 KVA Pada 20,2 KV di PT BEKAERT .....	53
Gambar IV.9	Grafik Frekuensi Dengan VTs 50 KVA Pada 20,4 KV di PT BEKAERT .....	53
Gambar IV.10	Grafik Frekuensi Dengan VTs 50 KVA Pada 20,6 KV di PT BEKAERT .....	54

Gambar IV.11	Grafik Frekuensi Dengan VTs 50 KVA Pada 20,8 KV di PT BEKAERT .....	55
Gambar IV.12	Grafik Frekuensi Dengan VTs 100 KVA Pada 21 KV di PT BEKAERT .....	55
Gambar IV.13	Grafik Frekuensi Dengan VTs 100 KVA Pada 19 KV di PT BEKAERT .....	58
Gambar IV.14	Grafik Frekuensi Dengan VTs 100 KVA Pada 19,2 KV di PT BEKAERT .....	58
Gambar IV.15	Grafik Frekuensi Dengan VTs 100 KVA Pada 19,4 KV di PT BEKAERT .....	59
Gambar IV.16	Grafik Frekuensi Dengan VTs 100 KVA Pada 19,6 KV di PT BEKAERT .....	60
Gambar IV.17	Grafik Frekuensi Dengan VTs 100 KVA Pada 19,8 KV di PT BEKAERT .....	60
Gambar IV.18	Grafik Frekuensi Dengan VTs 100 KVA Pada 20 KV di PT BEKAERT .....	61
Gambar IV.19	Grafik Frekuensi Dengan VTs 100 KVA Pada 20,2 KV di PT BEKAERT .....	62
Gambar IV.20	Grafik Frekuensi Dengan VTs 100 KVA Pada 20,4 KV di PT BEKAERT .....	62
Gambar IV.21	Grafik Frekuensi Dengan VTs 100 KVA Pada 20,6 KV di PT BEKAERT .....	63
Gambar IV.22	Grafik Frekuensi Dengan VTs 160 KVA Pada 20,8 KV di PT BEKAERT .....	64
Gambar IV.23	Grafik Frekuensi Dengan VTs 160 KVA Pada 21 KV di PT BEKAERT .....	64
Gambar IV.24	Grafik Frekuensi Dengan VTs 160 KVA Pada 19 KV di PT BEKAERT .....	67
Gambar IV.25	Grafik Frekuensi Dengan VTs 160 KVA Pada 19,2 KV di PT BEKAERT .....	67
Gambar IV.26	Grafik Frekuensi Dengan VTs 160 KVA Pada 19,4 KV di PT BEKAERT .....	68

Gambar IV.27	Grafik Frekuensi Dengan VTs 160 KVA Pada 19,6 KV di PT BEKAERT .....	69
Gambar IV.28	Grafik Frekuensi Dengan VTs 160 KVA Pada 19,8 KV di PT BEKAERT .....	69
Gambar IV.29	Grafik Frekuensi Dengan VTs 160 KVA Pada 20 KV di PT BEKAERT .....	70
Gambar IV.30	Grafik Frekuensi Dengan VTs 160 KVA Pada 20,2 KV di PT BEKAERT .....	71
Gambar IV.31	Grafik Frekuensi Dengan VTs 160 KVA Pada 20,4 KV di PT BEKAERT .....	71
Gambar IV.32	Grafik Frekuensi Dengan Arduino UNO Pada 20,6 KV di PT BEKAERT .....	72
Gambar IV.33	Grafik Frekuensi Dengan Arduino UNO Pada 20,8 KV di PT BEKAERT .....	73
Gambar IV.34	Grafik Frekuensi Dengan Arduino UNO Pada 21 KV di PT BEKAERT .....	73
Gambar IV.35	Grafik Frekuensi Dengan Arduino UNO Pada 19 KV di PT BEKAERT .....	76
Gambar IV.36	Grafik Frekuensi Dengan Arduino UNO Pada 19,2 KV di PT BEKAERT .....	76
Gambar IV.37	Grafik Frekuensi Dengan Arduino UNO Pada 19,4 KV di PT BEKAERT .....	77
Gambar IV.38	Grafik Frekuensi Dengan Arduino UNO Pada 19,6 KV di PT BEKAERT .....	78
Gambar IV.39	Grafik Frekuensi Dengan Arduino UNO Pada 19,8 KV di PT BEKAERT .....	78
Gambar IV.40	Grafik Frekuensi Dengan Arduino UNO Pada 20 KV di PT BEKAERT .....	79
Gambar IV.41	Grafik Frekuensi Dengan Arduino UNO Pada 20,2 KV di PT BEKAERT .....	80
Gambar IV.42	Grafik Frekuensi Dengan Arduino UNO Pada 20,4 KV di PT BEKAERT .....	80

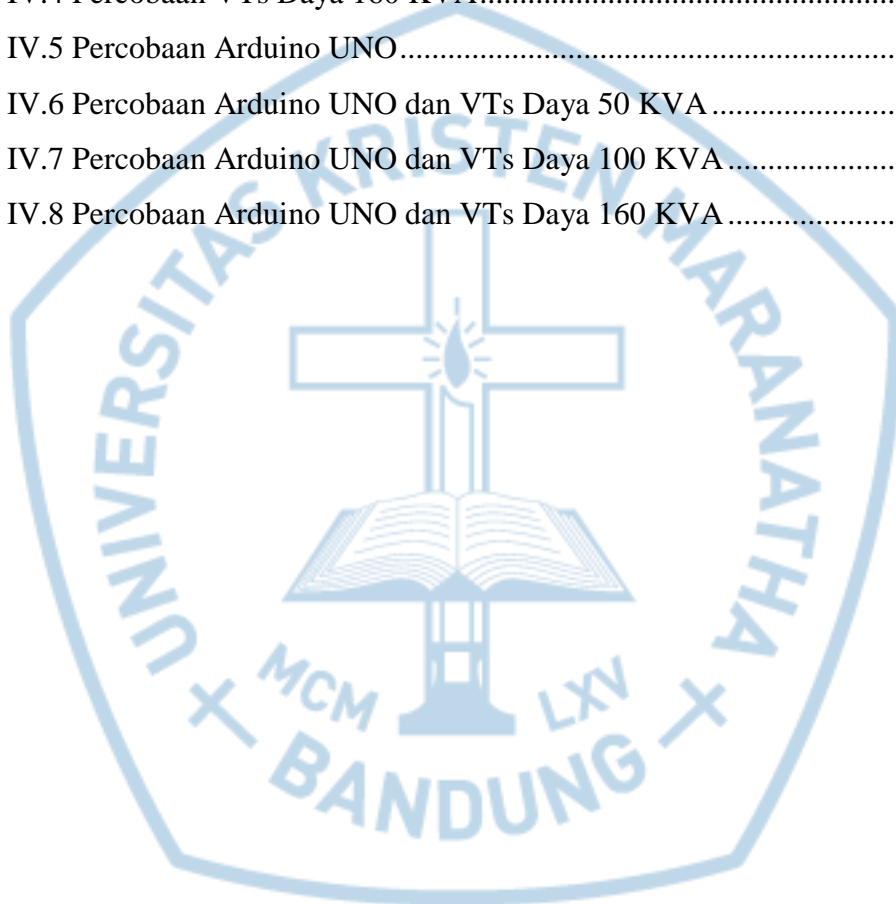
Gambar IV.43 Grafik Frekuensi Dengan Arduino UNO Pada 20,6 KV di PT BEKAERT .....	81
Gambar IV.44 Grafik Frekuensi Dengan Arduino UNO Pada 20,8 KV di PT BEKAERT .....	82
Gambar IV.45 Grafik Frekuensi Dengan Arduino UNO Pada 21 KV di PT BEKAERT .....	82
Gambar IV.46 Grafik Frekuensi Dengan Arduino UNO dan VTs 50 KVA Pada 19 KV di PT BEKAERT.....	85
Gambar IV.47 Grafik Frekuensi Dengan Arduino UNO dan VTs 50 KVA Pada 19,2 KV di PT BEKAERT.....	86
Gambar IV.48 Grafik Frekuensi Dengan Arduino UNO dan VTs 50 KVA Pada 19,4 KV di PT BEKAERT.....	86
Gambar IV.49 Grafik Frekuensi Dengan Arduino UNO dan VTs 50 KVA Pada 19,6 KV di PT BEKAERT.....	87
Gambar IV.50 Grafik Frekuensi Dengan Arduino UNO dan VTs 50 KVA Pada 19,8 KV di PT BEKAERT.....	88
Gambar IV.51 Grafik Frekuensi Dengan Arduino UNO dan VTs 50 KVA Pada 20 KV di PT BEKAERT .....	88
Gambar IV.52 Grafik Frekuensi Dengan Arduino UNO dan VTs 50 KVA Pada 20,2 KV di PT BEKAERT.....	89
Gambar IV.53 Grafik Frekuensi Dengan Arduino UNO dan VTs 50 KVA Pada 20,4 KV di PT BEKAERT.....	90
Gambar IV.54 Grafik Frekuensi Dengan Arduino UNO dan VTs 50 KVA Pada 20,6 KV di PT BEKAERT.....	90
Gambar IV.55 Grafik Frekuensi Dengan Arduino UNO dan VTs 100 KVA Pada 20,8 KV di PT BEKAERT.....	91
Gambar IV.56 Grafik Frekuensi Dengan Arduino UNO dan VTs 100 KVA Pada 21 KV di PT BEKAERT.....	92
Gambar IV.57 Grafik Frekuensi Dengan Arduino UNO dan VTs 100 KVA Pada 21 KV di PT BEKAERT.....	94
Gambar IV.58 Grafik Frekuensi Dengan Arduino UNO dan VTs 100 KVA Pada 21 KV di PT BEKAERT.....	94



Gambar IV.59	Grafik Frekuensi Dengan Arduino UNO dan VTs 100 KVA Pada 20 KV di PT BEKAERT .....	95
Gambar IV.60	Grafik Frekuensi Dengan Arduino UNO dan VTs 100 KVA Pada 20,2 KV di PT BEKAERT .....	96
Gambar IV.58	Grafik Frekuensi Dengan Arduino UNO dan VTs 100 KVA Pada 20,4 KV di PT BEKAERT .....	26
Gambar IV.59	Grafik Frekuensi Dengan Arduino UNO dan VTs 100 KVA Pada 20,6 KV di PT BEKAERT .....	26
Gambar IV.60	Grafik Frekuensi Dengan Arduino UNO dan VTs 100 KVA Pada 20,8 KV di PT BEKAERT .....	26
Gambar IV.61	Grafik Frekuensi Dengan Arduino UNO dan VTs 100 KVA Pada 21 KV di PT BEKAERT .....	26
Gambar IV.62	Grafik Frekuensi Dengan Arduino UNO dan VTs 160 KVA Pada 19 KV di PT BEKAERT .....	19
Gambar IV.63	Grafik Frekuensi Dengan Arduino UNO dan VTs 160 KVA Pada 19,2 KV di PT BEKAERT .....	21
Gambar IV.64	Grafik Frekuensi Dengan Arduino UNO dan VTs 160 KVA Pada 19,4 KV di PT BEKAERT .....	23
Gambar IV.65	Grafik Frekuensi Dengan Arduino UNO dan VTs 160 KVA Pada 19,8 KV di PT BEKAERT .....	25
Gambar IV.66	Grafik Frekuensi Dengan Arduino UNO dan VTs 160 KVA Pada 20 KV di PT BEKAERT .....	26
Gambar IV.67	Grafik Frekuensi Dengan Arduino UNO dan VTs 160 KVA Pada 20,2 KV di PT BEKAERT .....	26
Gambar IV.68	Grafik Frekuensi Dengan Arduino UNO dan VTs 160 KVA Pada 20,4 KV di PT BEKAERT .....	26
Gambar IV.69	Grafik Frekuensi Dengan Arduino UNO dan VTs 160 KVA Pada 20,6 KV di PT BEKAERT .....	26
Gambar IV.70	Grafik Frekuensi Dengan Arduino UNO dan VTs 160 KVA Pada 20,8 KV di PT BEKAERT .....	26
Gambar IV.71	Grafik Frekuensi Dengan Arduino UNO dan VTs 160 KVA Pada 21 KV di PT BEKAERT .....	26

## DAFTAR TABEL

Tabel III.1 Data Beban Di PT BEKAERT .....	39
Tabel IV.1 Data Perhitungan Frekuensi Di PT BEKAERT.....	43
Tabel IV.1 Perhitungan Frekuensi Pada PT BEKAERT .....	46
Tabel IV.2 Percobaan VTs Daya 50 KVA.....	48
Tabel IV.3 Percobaan VTs Daya 100 KVA.....	57
Tabel IV.4 Percobaan VTs Daya 160 KVA.....	66
Tabel IV.5 Percobaan Arduino UNO.....	75
Tabel IV.6 Percobaan Arduino UNO dan VTs Daya 50 KVA .....	84
Tabel IV.7 Percobaan Arduino UNO dan VTs Daya 100 KVA.....	93
Tabel IV.8 Percobaan Arduino UNO dan VTs Daya 160 KVA.....	102



## DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A *SYNTAX PROGRAM*..... A-1

