

# **DAFTAR KEGIATAN PELAKSANAAN PENELITIAN HIBAH KOMPETITIF SEBAGAI KETUA**

1. PENELITIAN TERAPAN UNGGULAN PERGURUAN TINGGI  
DENGAN JUDUL: PENERAPAN STRATEGI PENGONTROLAN DAYA  
REAKTIF UNTUK MENCEGAH KONDISI UNDER-VOLTAGE DAN  
OVER-VOLTAGE SISTEM TENAGA LISTRIK TAHUN 2022
  - KONTRAK PENELITIAN
  - SURAT KETERANGAN KETUA LPPM UNHAS
  - LAPORAN LENGKAP PENELITIAN

# KONTRAK PENELITIAN TERAPAN UNGGULAN PERGURUAN TINGGI

Tahun Anggaran 2022

Nomor : 956/UN4.22/PT.01.03/2022

Pada hari ini Jumat, Tanggal Delapan Belas bulan Maret tahun Dua ribu dua puluh dua, kami yang bertandatangan di bawah ini :

1. Prof. Dr. Andi Alimuddin, M.Si. : Ketua Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat Universitas Hasanuddin, dalam hal ini bertindak untuk dan atas nama Universitas Hasanuddin yang berkedudukan di Jl. Perintis Kemerdekaan KM. 10 Kampus Unhas Tamalanrea Makassar selanjutnya disebut PIHAK PERTAMA.
2. Ardiaty Arief, ST.,MTM.,Ph.D. : Ketua Pelaksana/Dosen Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin dalam hal ini bertindak sebagai pengusul dan Ketua Penelitian Tahun Anggaran 2022 untuk selanjutnya disebut PIHAK KEDUA.

PIHAK PERTAMA dan PIHAK KEDUA, secara bersama-sama mengikatkan diri dalam suatu kontrak Penelitian skema Penelitian Terapan Unggulan Perguruan Tinggi Tahun Anggaran 2022 dengan ketentuan dan syarat syarat sebagai berikut:

## Pasal 1

### Ruang Lingkup Kontrak

- (1) PIHAK PERTAMA memberikan pekerjaan kepada PIHAK KEDUA dan PIHAK KEDUA menerima pekerjaan tersebut dari PIHAK PERTAMA, untuk melaksanakan dan menyelesaikan Penelitian Tahun Anggaran 2022 dengan judul Penerapan Strategi Pengontrolan Daya Reaktif Untuk Mencegah Kondisi Under-Voltage dan Over-Voltage Sistem Tenaga Listrik, sesuai Surat Nomor: 0054/E5/AK.04/2022, tanggal 28 April 2022 tentang Pengumuman Program Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat Lanjutan (on going) Tahun Anggaran 2022 dan Kontrak Program Penelitian Lanjutan Tahun Anggaran 2022, Nomor : 020/E5/PG.02.00PT/2022, tanggal 16 Maret 2022.

## Pasal 2

### Dana Penelitian

- (1) Besarnya dana untuk melaksanakan penelitian dengan judul sebagaimana dimaksud pada Pasal 1 adalah sebesar Rp. 140.060.000 (Seratus Empat Puluh Juta Enam Puluh Ribu Rupiah) sudah termasuk pajak.
- (2) Dana penelitian sebagaimana dimaksud pada ayat (1) dibebankan kepada Daftar Isian Pelaksanaan Anggaran (DIPA) Direktorat Riset, Teknologi, dan Pengabdian Kepada Masyarakat, Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Riset, dan Teknologi Tahun Anggaran 2022.

## Pasal 3

### Tata Cara Pembayaran Dana Penelitian

- (1) PIHAK PERTAMA akan membayarkan dana Penelitian kepada PIHAK KEDUA secara bertahap dengan ketentuan sebagai berikut :
  - a. Pembayaran tahap pertama sebesar 70% dari total dana penelitian yaitu  $70\% \times \text{Rp. } 140.060.000 = \text{Rp. } 98.042.000$  (Sembilan Puluh Delapan Juta Empat Puluh Dua Ribu Rupiah) yang akan dibayarkan oleh PIHAK PERTAMA kepada PIHAK KEDUA setelah PIHAK KEDUA menyerahkan revisi proposal dan revisi anggaran (sesuai kontrak).
  - b. Pembayaran tahap kedua sebesar 30% dari total dana penelitian yaitu  $30\% \times \text{Rp. } 140.060.000 = \text{Rp. } 42.018.000$  (Empat Puluh Dua Juta Delapan Belas Ribu Rupiah) dibayarkan oleh PIHAK PERTAMA kepada PIHAK KEDUA setelah PIHAK KEDUA menyerahkan laporan lengkap hasil penelitian, Catatan Harian, Luaran penelitian dan Surat Pernyataan Tanggungjawab Belanja (SPTB) atas dana penelitian yang telah ditetapkan yang sudah di validasi oleh PIHAK PERTAMA.
- (2) Dana penelitian sebagaimana dimaksud pada ayat (1) akan disalurkan oleh PIHAK PERTAMA kepada PIHAK KEDUA ke rekening sebagai berikut :

Nama : Ardiaty Arief, ST.,MTM.,Ph.D.  
Nomor Rekening :  
Nama Bank : Bank Negara Indonesia

**Pasal 13**  
**Pembatalan Perjanjian**

- (1) Apabila dikemudian hari terdapat judul penelitian sebagaimana dimaksud dalam Pasal 1 ditemukan adanya duplikasi dengan penelitian lain dan/atau ditemukan adanya ketidakjujuran, itikad tidak baik, dan/atau perbuatan yang tidak sesuai dengan akidah ilmiah dari atau dilakukan oleh PIHAK KEDUA, maka perjanjian penelitian ini dinyatakan batal dan PIHAK KEDUA wajib mengembalikan dana penelitian yang telah diterima kepada PIHAK PERTAMA yang selanjutnya akan disetorkan ke kas Negara.
- (2) Bukti setor sebagaimana dimaksud pada ayat (1) disimpan oleh PIHAK PERTAMA.

**Pasal 14**  
**Pajak-Pajak**

Hal-hal dan/atau segala sesuatu yang berkenaan dengan kewajiban pajak berupa PPN dan/atau PPh menjadi tanggungjawab PIHAK KEDUA dan harus dibayarkan oleh PIHAK KEDUA ke kantor pelayanan pajak setempat sesuai ketentuan yang berlaku.

**Pasal 15**  
**Peralatan dan/alat Hasil Penelitian**

- (1) Hasil penelitian berupa peralatan dan/atau peralatan yang dibeli dari kegiatan ini adalah milik negara, dan dapat dihibahkan kepada institusi/lembaga/masyarakat melalui Berita Acara Serah Terima (BAST) setelah dilaporkan perolehannya ke Direktorat Riset, Teknologi, dan Pengabdian Kepada Masyarakat, Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Riset, dan Teknologi Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi.
- (2) Berita Acara sebagaimana dimaksud pada ayat (2) wajib dilampiri dengan foto bukti serah terima barang/alat dari Ketua LPPM kepada mitra penelitian yang didampingi oleh pelaksana penelitian dan foto alat/atau barang yang diserahkan ke mitra.

**Pasal 16**  
**Penyelesaian Sengketa**

Apabila terjadi perselisihan antara PIHAK PERTAMA dan PIHAK KEDUA dalam pelaksanaan Perjanjian ini akan dilakukan penyelesaian secara musyawarah dan mufakat, dan apabila tidak tercapai penyelesaian secara musyawarah dan mufakat maka penyelesaian dilakukan melalui proses hukum.

**Pasal 17**  
**Lain-lain**

- (1) PIHAK KEDUA menjamin bahwa penelitian dengan judul tersebut diatas belum pernah dibiayai dan/atau diikutsertakan pada pendanaan penelitian lainnya, baik yang diselenggarakan oleh instansi, lembaga, perusahaan atau yayasan, baik dalam maupun luar negeri.
- (2) Segala sesuatu yang belum cukup diatur dalam perjanjian ini dan dipandang perlu diatur lebih lanjut dan akan dilakukan perubahan oleh PARA PIHAK, maka perubahan-perubahan akan diatur dalam perjanjian tambahan atau perubahan yang merupakan satu kesatuan dan bagian yang tidak terpisahkan dari perjanjian ini.

Perjanjian ini dibuat dan ditandatangani oleh PARA PIHAK pada hari dan tanggal tersebut diatas, dibuat dalam rangkap 2 (dua) dan bermaterai cukup sesuai dengan ketentuan yang berlaku, yang masing-masing mempunyai kekuatan hukum yang sama.

PIHAK PERTAMA

PIHAK KEDUA



Prof. Dr. Andi Alimuddin, M.Si.  
NIP 196201181987021001

Ardiaty Arief, ST.,MTM.,Ph.D.  
NIP 197804242001122001



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,  
RISET DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT  
Jl. Perintis Kemerdekaan KM.10, Makassar 90245  
Telp.(0411) 587032, 582500, 588888 Fax.(0411) 587032, 584024  
Laman : <http://lp2m.unhas.ac.id> email : [lp2m@unhas.ac.id](mailto:lp2m@unhas.ac.id)

## SURAT KETERANGAN

Nomor : 1699/UN4.22/PT.01.05/2022

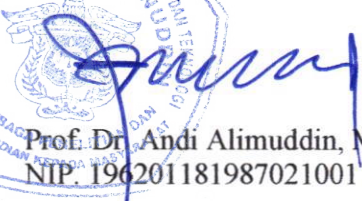
Yang bertandatangan di bawah ini:

Nama : Prof. Dr. Andi Alimuddin, M.Si  
NIP : 196201181987021001  
Jabatan : Ketua LPPM Universitas Hasanuddin  
Alamat : Jl. Perintis Kemerdekaan KM. 10 Tamalanrea, Makassar

Dengan ini menerangkan bahwa yang tersebut namanya pada lampiran surat keterangan ini sebagai penerima pendanaan penelitian Hibah Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset dan Teknologi Tahun Anggaran 2022.

Demikian surat keterangan ini dibuat untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Makassar, 27 Juni 2022

Ketua,  
  
Prof. Dr. Andi Alimuddin, M.Si  
NIP. 196201181987021001

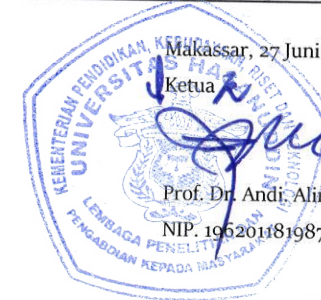
No	Ketua	NIDN	Judul	Skim	Fakultas	Anggota 1	Anggota 2	Anggota 3	Ket.
1	Abdul Rahim, S.Si, Apt, M.Si, P.h D	0011117708	Aktivitas Hepatoprotektif Senyawa Baru Sikloartan Triterpenoid dari Daun Paliasa ( <i>Kleinhovia hospita</i> L.)	Tesis Magister	Farmasi	Dr RISFAH YULIANTY S.Si, Apt, M.Si/ Dosen Pembimbing Anggota 1	Riskasiswanti, S. Farm/ Mahasiswa Bimbingan 1		
2	Andi Dian Permana, S.Si., M.Si., Apt, Ph.D.	0005028901	Bacterially Sensitive Microparticle Kloramfenikol dalam Sistem Dissolving Microneedle : Desain Sistem Penghantaran Obat Secara Dermal Sebagai Peningkat Efektivitas Antibakteri pada Terapi Infeksi Jaringan Bawah Kulit (Selulitis)	Tesis Magister	Farmasi	FIRZAN NAINU S.Si, Apt, M.Biomed.Sc., Ph.D / Dosen Pembimbing	Mukarram Mudjahid, S.Si., Apt./ Mahasiswa Bimbingan 1		
3	Firzan Nainu, S.Si.,M.Biomed.Sc.,Apt.,Ph.D.	0010068207	Ekplorasi Efek Imunofarmakologi dan Anti-Aging Asam Deoksikolat dengan Parameter Fenotip dan Molekuler Menggunakan Organisme Model <i>Drosophila melanogaster</i>	Tesis Magister	Farmasi	Dr HERLINA RANTE S.Si, M.Si / Dosen Pembimbing Anggota 1	apt. Muh.Fadhil As'ad, S.Farm./ Mahasiswa Bimbingan 1		
4	Andi Dian Permana, S.Si., M.Si., Apt, Ph.D.	0005028901	Formulasi Dan Karakterisasi Hydrogel Forming Microarray Patch Kombinasi Reservoir PEG-Telmisartan	Tesis Magister	Farmasi	Dr. Apt Dra LATIFAH RACHMAN DESS./ Dosen Pembimbing Anggota 1	Nana Novriana Payung Datu, S.Farm/ Mahasiswa Bimbingan 1		
5	Dr. Latifah Rachman, DESS.	0019085803	Lipid Complex Itrakonazol Dalam Thermosensitive Mukoadhesif Vaginal Gel Sebagai Peningkat Efektivitas Terapi Candidiasis : Optimasi,Karateristik,Evaluasi Ex Vivo	Tesis Magister	Farmasi	Dr Apt Dra SARTINI M.Si / Dosen Pembimbing Anggota 1	Muli Sukmawaty,S.Farm.,Apt Mahasiswa Bimbingan 1		
6	Andi Dian Permana, S.Si., M.Si., Apt, Ph.D.	0005028901	Pengembangan Mikrosfer Berbasis Protein Wound Dressing Kloramfenikol dalam Sistem Chitosan Hidrogel sebagai Peningkat Efektivitas Terapi Luka Dermal	Tesis Magister	Farmasi	Dr Apt Dra SARTINI M.Si/ Dosen Pembimbing Anggota 1	Tri Puspita Roska/ Mahasiswa Bimbingan 1		
7	Bustanul Arifin, S.Farm., Apt., M.Sc.,MPH.,PhD	0016038306	Validasi Instrumen untuk Mengukur Tingkat Pengetahuan Masyarakat Umum tentang Antibiotik	Tesis Magister	Farmasi	Dr HERLINA RANTE S.Si, M.Si/ Dosen Pembimbing Anggota 1	Apt. Nurfawardani, S.Farm/Mahasiswa Bimbingan 1		
8	Andi Dian Permana, S.Si., M.Si., Apt, Ph.D.	0005028901	Whey Protein Microparticle Terinkorporasi Hidrogel Thermoresponsive Sebagai Peningkat Efektivitas Kloramfenikol Dalam Penyembuhan Luka: Formulasi, Evaluasi dan Optimasi Efek Antibakteri Secara Ex Vivo	Tesis Magister	Farmasi	Dr Apt Dra SARTINI M.Si/ Dosen Pembimbing Anggota 1	Ardiyah Nurul Fitri Marzaman S.Si., Apt./ Mahasiswa Bimbingan 1		

108	Ardiaty Arief, ST.,MTM.,Ph.D.	0024057801	Penerapan Strategi Pengontrolan Daya Reaktif untuk Mencegah Kondisi Under-Voltage dan Over- Voltage Sistem Tenaga Listrik	PTUPT	Teknik	Ir MUHAMMAD BACHTIAR NAPPU M.T, Ph.D/ Anggota Pengusul 1			
109	drg. Arni Irawaty Djais, Sp.Perio.	0030017509	Efektivitas Kitosan Limbah Sisik Ikan Bandeng (Chanos Chanos) Terhadap Regenerasi Jaringan Periodontal Melalui Analisis Ekspresi Tnf-A, Il-1, Rankl Dan Opg Pada Tindakan Socket Preservation (In Vivo)	PDUPT	Kedokteran Gigi	Dr. drg ASDAR M.Kes Anggota Pengusul 1	drg SURIJANA MAPPANGARA Sp.Perio, M.Kes Anggota Pengusul 2		
110	Dr. Ir. . Asmita Ahmad, ST.,M.Si.	0016127304	Studi Mikromorfologi Tanah Pada Beberapa Tutupan Lahan Di Wilayah Rentan Longsor Sub-Das Kelara Kabupaten Jeneponto	PDKN	Pertanian	Dr.Eng MEUTIA FARIDA S.T, M.T Anggota Pengusul 1	NIRMALA JUITA S.P, M.Si Anggota Pengusul 2		
111	Prof. Dr. Ir. Baharuddin	0024126002	Penerapan Teknologi Molekuler untuk Deteksi Dini Penyakit CVPD (Candidatus Liberobacter asiaticus) pada Pembibitan Jeruk Keprok Selayar	PTUPT	Pertanian	Dr Ir TUTIK KUSWINANTI M.Sc. Anggota Pengusul 1	Dr MELINA Anggota Pengusul 2		
112	Prof. Drs. Burhanuddin, M.Hum.,Ph.D.	0003036502	Pesan, Tanda dan Makna: Persoalan Pemaknaan dan Komunikasi atas Issu-Issu Terkini oleh Pengguna Media Sosial	PDKN	Ilmu Budaya	Dr Drs MUHAMMAD HASYIM M.Si Anggota Pengusul 1			
113	Prof. Dr. Dahlang T., S.Si.,M.Si.	0007097502	Model "Teh Celup" Nanokomposit Berbasis CoFeO <sub>3</sub> Sebagai Material Multifungsi	PTKN	MIPA	Dr Drs BUALKAR ABDULLAH Master of Science Anggota Pengusul 1	Heryanto Anggota Pengusul 2		
114	Dr. Darwis, MA.	0002016211	Keberhasilan Pebisnis Indonesia dalam Mengoptimalkan Potensi Masyarakat Ekonomi ASEAN: Penjelasan Strategi, Kunci Keberhasilan dan Model Bagi Pebisnis Indonesia untuk Menaklukkan Pasar Global	PDUPT	Isipol	ASWIN BAHARUDDIN S.IIP., M.A Anggota Pengusul 1	BURHANUDDIN S.IP, M.Si Anggota Pengusul 2		
115	Dr. drh. Dwi Kesuma Sari	0016027302	Ikan Medaka Sulawesi (Oryzias Selebensis) Sebagai Hewan Model Dalam Pengembangan Studi Pengaruh Residu Obat Farmasi Dalam Lingkungan	PDKN	Kedokteran	Dr IRMA ANDRIANI S.Pi, M.Si Anggota Pengusul 1	ABDUL WAHID JAMALUDDIN S.Farm, Apt, M.Si Anggota Pengusul 2		
116	Dr. Erfan, M.Si.	0003096711	Evaluasi Daya Dukung Tanah Menggunakan Metode Mikrotremor dan Seismik Gelombang Permukaan	PDKN	MIPA	Drs MUHAMMAD ALIMUDDIN HAMZAH ASSAGAF Anggota Pengusul 1			

177	Yahya Thamrin, SKM., M.Kes.,MOHS.,Ph.D.	0018027603	Pengembangan Desain Alat Bantu Ergonomis untuk Pekerja Rumput Laut	PTUPT	Kesmas	MASYITA MUIS S.Ked, dr., Dr. Anggota Pengusul 1	IIN KARMILA YUSRI S.ST, M.Eng, Ph D Anggota Pengusul 2/Politeknik Negeri Ujung Pandang		
178	Prof. Dr. Ir. Yunus Musa, M.Sc.	0020125401	Penapisan Toleransi Padi Terhadap Kekeringan dan atau Salinitas Melalui Pengembangan Metode Image-Based Phenotyping	PPS-PMDSU	Pertanian	Dr Ir MUH FARID BDR M.P Ko-Promotor 1	Andi Isti Sakinah, S.P Mahasiswa Bimbingan 1		
179	Prof. Dr. Ir. Yunus Musa, M.Sc.	0020125401	Pengembangan Hijauan Pakan Toleran Cekaman Abiotik Kekeringan Dan Salinitas	PPS-PMDSU	Pertanian	Ir RINALDI SJAHRIL M.Agr, Ph.D Ko-Promotor 1	Purnama Isti Khaerani, S.Pt Mahasiswa Bimbingan 1		
180	Prof. Dr. Ir. Yushinta Fujaya, M.Si.	0023016501	Fitobiotik Dari Tanaman Lokal Untuk Meningkatkan Pertumbuhan, Imunitas, Dan Kualitas Air Budidaya Ikan Nila (Oreochromis Niloticus)	PDKN	IKP	Dr ANDI ALIAH HIDAYANI S.Si, M.S.I Anggota Pengusul 1	Dr. drh. DWI KESUMA SARI S.K.H Anggota Pengusul 2		

Makassar, 27 Juni 2022

Ketua



Prof. Dr. Andi Alimuddin, M. Si

NIP. 195201181987021001



Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat Direktorat Jenderal Riset dan Pengembangan  
Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi  
Gedung BPPT II Lantai 19, Jl. MH. Thamrin No. 8 Jakarta Pusat  
<https://simlitabmas.ristekdikti.go.id/>

### PROTEKSI ISI LAPORAN AKHIR PENELITIAN

Dilarang menyalin, menyimpan, memperbanyak sebagian atau seluruh isi laporan ini dalam bentuk apapun kecuali oleh peneliti dan pengelola administrasi penelitian

### LAPORAN AKHIR PENELITIAN MULTI TAHUN

ID Proposal: 776eda7e-1634-4115-8d5a-2d011f09b72e  
laporan akhir Penelitian: tahun ke-2 dari 3 tahun

#### 1. IDENTITAS PENELITIAN

##### A. JUDUL PENELITIAN

Penerapan Strategi Pengontrolan Daya Reaktif untuk Mencegah Kondisi Under-Voltage dan Over-Voltage Sistem Tenaga Listrik

##### B. BIDANG, TEMA, TOPIK, DAN RUMPUN BIDANG ILMU

Bidang Fokus RIRN / Bidang Unggulan Perguruan Tinggi	Tema	Topik (jika ada)	Rumpun Bidang Ilmu
Energi	-		

##### C. KATEGORI, SKEMA, SBK, TARGET TKT DAN LAMA PENELITIAN

Kategori (Kompetitif Nasional/ Desentralisasi/ Penugasan)	Skema Penelitian	Strata (Dasar/ Terapan/ Pengembangan)	SBK (Dasar, Terapan, Pengembangan)	Target Akhir TKT	Lama Penelitian (Tahun)
Penelitian Desentralisasi			SBK Riset Terapan	5	3

#### 2. IDENTITAS PENGUSUL

Nama (Peran)	Perguruan Tinggi/ Institusi	Program Studi/ Bagian	Bidang Tugas	ID Sinta	H-Index
ARDIATY ARIEF - Ketua Pengusul	Universitas Hasanuddin	Teknik Elektro		5983238	10
M. BACHTIAR NAPPU - Anggota Pengusul	Universitas Hasanuddin	Teknik Elektro	<ul style="list-style-type: none"><li>melakukan literature review</li><li>pengujian dan dokumentasi hasil</li></ul>	5974778	11

			pengujian • pembuatan makalah		
--	--	--	----------------------------------	--	--

### 3. MITRA KERJASAMA PENELITIAN (JIKA ADA)

Pelaksanaan penelitian dapat melibatkan mitra kerjasama, yaitu mitra kerjasama dalam melaksanakan penelitian, mitra sebagai calon pengguna hasil penelitian, atau mitra investor

Mitra	Nama Mitra
Mitra Calon Pengguna	Erwin, ST
Mitra Pelaksana Penelitian	Prof. Zhao Yang Dong

### 4. LUARAN DAN TARGET CAPAIAN

#### Luaran Wajib

Tahun Luaran	Jenis Luaran	Status target capaian (accepted, published, terdaftar atau granted, atau status lainnya)	Keterangan (url dan nama jurnal, penerbit, url paten, keterangan sejenis lainnya)
2	Program komputer	Tersedia	Program komputer pengontrolan daya reaktif
1	Program komputer	Tersedia	
3	Program komputer		Program komputer pengontrolan daya reaktif

#### Luaran Tambahan

Tahun Luaran	Jenis Luaran	Status target capaian (accepted, published, terdaftar atau granted, atau status lainnya)	Keterangan (url dan nama jurnal, penerbit, url paten, keterangan sejenis lainnya)
2	Artikel pada Conference/ Seminar Internasional di Pengindeks Bereputasi	Accepted	International Conference on Science
1	Artikel pada Conference/ Seminar Internasional di Pengindeks Bereputasi	Published	International Conference on Science
3	Artikel pada Conference/ Seminar Internasional di		International Conference on Science

	Pengindeks Bereputasi		
--	-----------------------	--	--

## 5. ANGGARAN

Rencana anggaran biaya penelitian mengacu pada PMK yang berlaku dengan besaran minimum dan maksimum sebagaimana diatur pada buku Panduan Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat

**Total RAB 3 Tahun Rp. 926,195,000**

**Tahun 1 Total Rp. 251,720,000**

Jenis Pembelanjaan	Komponen	Item	Satuan	Vol.	Biaya Satuan	Total
Pengumpulan Data	HR Pembantu Lapangan	-	OH	0	0	0
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	HR Sekretariat/ Administrasi Peneliti	-	OB	0	0	0
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Uang harian rapat di luar kantor	-	OH	0	0	0
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Uang harian rapat di dalam kantor	-	OH	40	150,000	6,000,000
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Biaya seminar nasional	-	Paket	0	0	0
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Biaya konsumsi rapat	-	OH	40	35,000	1,400,000
Analisis Data	HR Sekretariat/ Administrasi Peneliti	-	OB	0	0	0
Analisis Data	HR Pengolah Data	-	P (penelitian)	0	0	0
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Biaya Publikasi artikel di Jurnal Nasional	-	Paket	0	0	0
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Biaya seminar internasional	-	Paket	1	10,000,000	10,000,000
Analisis Data	Biaya analisis sampel	-	Unit	0	0	0
Analisis Data	Honorarium narasumber	-	OJ	0	0	0
Bahan	ATK	-	Paket	10	1,000,000	10,000,000
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Publikasi artikel di Jurnal Internasional	-	Paket	0	0	0

Analisis Data	Tiket	-	OK (kali)	0	0	0
Bahan	Bahan Penelitian (Habis Pakai)	-	Unit	1	25,460,000	25,460,000
Bahan	Barang Persediaan	-	Unit	0	0	0
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Biaya Luaran Iptek lainnya (purwa rupa, TTG dll)	-	Paket	0	0	0
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Luaran KI (paten, hak cipta dll)	-	Paket	1	1,000,000	1,000,000
Analisis Data	Uang Harian	-	OH	120	150,000	18,000,000
Analisis Data	Transport Lokal	-	OK (kali)	120	150,000	18,000,000
Pengumpulan Data	FGD persiapan penelitian	-	Paket	1	5,000,000	5,000,000
Pengumpulan Data	HR Pembantu Peneliti	-	OJ	0	0	0
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Biaya penyusunan buku termasuk book chapter	-	Paket	0	0	0
Analisis Data	Biaya konsumsi rapat	-	OH	120	35,000	4,200,000
Pengumpulan Data	HR Petugas Survei	-	OH/OR	0	0	0
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Biaya pembuatan dokumen uji produk	-	Paket	0	0	0
Analisis Data	Penginapan	-	OH	0	0	0
Pengumpulan Data	Transport	-	OK (kali)	80	150,000	12,000,000
Pengumpulan Data	HR Sekretariat/ Administrasi Peneliti	-	OB	0	0	0
Pengumpulan Data	Uang Harian	-	OH	80	150,000	12,000,000
Pengumpulan Data	Tiket	-	OK (kali)	0	0	0
Pengumpulan Data	Uang harian rapat di dalam kantor	-	OH	0	0	0
Pengumpulan Data	Penginapan	-	OH	0	0	0
Pengumpulan Data	Biaya konsumsi	-	OH	80	35,000	2,800,000
Pengumpulan Data	Uang harian rapat di luar kantor	-	OH	0	0	0

Pengumpulan Data	HR Petugas Survei	-	OH/OR	0	0	0
Pengumpulan Data	HR Sekretariat/ Administrasi Peneliti	-	OB	0	0	0
Analisis Data	HR Sekretariat/ Administrasi Peneliti	-	OB	0	0	0
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	HR Sekretariat/ Administrasi Peneliti	-	OB	0	0	0
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Luaran KI (paten, hak cipta dll)	-	Paket	1	1,000,000	1,000,000
Pengumpulan Data	Penginapan	-	OH	0	0	0
Analisis Data	Penginapan	-	OH	0	0	0
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Publikasi artikel di Jurnal Internasional	-	Paket	0	0	0
Pengumpulan Data	Tiket	-	OK (kali)	0	0	0
Analisis Data	Tiket	-	OK (kali)	0	0	0
Pengumpulan Data	Transport	-	OK (kali)	80	150,000	12,000,000
Analisis Data	Transport Lokal	-	OK (kali)	120	150,000	18,000,000
Analisis Data	Uang Harian	-	OH	120	150,000	18,000,000
Pengumpulan Data	Uang Harian	-	OH	80	150,000	12,000,000
Pengumpulan Data	Uang harian rapat di dalam kantor	-	OH	0	0	0
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Uang harian rapat di dalam kantor	-	OH	40	150,000	6,000,000
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Uang harian rapat di luar kantor	-	OH	0	0	0
Pengumpulan Data	Uang harian rapat di luar kantor	-	OH	0	0	0
Bahan	ATK	-	Paket	10	1,000,000	10,000,000
Bahan	Bahan Penelitian (Habis Pakai)	-	Unit	1	25,460,000	25,460,000
Bahan	Barang Persediaan	-	Unit	0	0	0

Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Biaya seminar internasional	-	Paket	1	10,000,000	10,000,000
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Biaya seminar nasional	-	Paket	0	0	0
Analisis Data	Biaya analisis sampel	-	Unit	0	0	0
Pengumpulan Data	Biaya konsumsi	-	OH	80	35,000	2,800,000
Analisis Data	Biaya konsumsi rapat	-	OH	120	35,000	4,200,000
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Biaya konsumsi rapat	-	OH	40	35,000	1,400,000
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Biaya Luaran Iptek lainnya (purwa rupa, TTG dll)	-	Paket	0	0	0
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Biaya pembuatan dokumen uji produk	-	Paket	0	0	0
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Biaya penyusunan buku termasuk book chapter	-	Paket	0	0	0
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Biaya Publikasi artikel di Jurnal Nasional	-	Paket	0	0	0
Pengumpulan Data	FGD persiapan penelitian	-	Paket	1	5,000,000	5,000,000
Analisis Data	Honorarium narasumber	-	OJ	0	0	0
Pengumpulan Data	HR Pembantu Lapangan	-	OH	0	0	0
Pengumpulan Data	HR Pembantu Peneliti	-	OJ	0	0	0
Analisis Data	HR Pengolah Data	-	P (penelitian)	0	0	0

Tahun 2 Total Rp. 315,675,000

Jenis Pembelanjaan	Komponen	Item	Satuan	Vol.	Biaya Satuan	Total
Pengumpulan Data	HR Pembantu Lapangan	-	OH	0	0	0
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Biaya seminar nasional	-	Paket	0	0	0
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Biaya seminar internasional	-	Paket	1	10,000,000	10,000,000

Analisis Data	HR Sekretariat/ Administrasi Peneliti	-	OB	0	0	0
Analisis Data	HR Pengolah Data	-	P (penelitian)	0	0	0
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Publikasi artikel di Jurnal Internasional	-	Paket	0	0	0
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Biaya Publikasi artikel di Jurnal Nasional	-	Paket	0	0	0
Bahan	Bahan Penelitian (Habis Pakai)	-	Unit	1	22,275,000	22,275,000
Bahan	ATK	-	Paket	10	1,000,000	10,000,000
Analisis Data	Honorarium narasumber	-	OJ	0	0	0
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Biaya Luaran Iptek lainnya (purwa rupa, TTG dll)	-	Paket	0	0	0
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Luaran KI (paten, hak cipta dll)	-	Paket	0	0	0
Analisis Data	Biaya analisis sampel	-	Unit	0	0	0
Bahan	Barang Persediaan	-	Unit	0	0	0
Analisis Data	Uang Harian	-	OH	160	150,000	24,000,000
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Biaya penyusunan buku termasuk book chapter	-	Paket	0	0	0
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Biaya pembuatan dokumen uji produk	-	Paket	1	35,000,000	35,000,000
Analisis Data	Tiket	-	OK (kali)	0	0	0
Pengumpulan Data	FGD persiapan penelitian	-	Paket	1	10,000,000	10,000,000
Analisis Data	Penginapan	-	OH	0	0	0
Analisis Data	Transport Lokal	-	OK (kali)	160	150,000	24,000,000
Pengumpulan Data	HR Pembantu Peneliti	-	OJ	0	0	0
Analisis Data	Biaya konsumsi rapat	-	OH	160	35,000	5,600,000
Pengumpulan Data	HR Petugas Survei	-	OH/OR	0	0	0

Pengumpulan Data	Transport	-	OK (kali)	80	150,000	12,000,000
Pengumpulan Data	HR Sekretariat/ Administrasi Peneliti	-	OB	0	0	0
Pengumpulan Data	Tiket	-	OK (kali)	0	0	0
Pengumpulan Data	Uang Harian	-	OH	80	150,000	12,000,000
Pengumpulan Data	Penginapan	-	OH	0	0	0
Pengumpulan Data	Uang harian rapat di dalam kantor	-	OH	0	0	0
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	HR Sekretariat/ Administrasi Peneliti	-	OB	0	0	0
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Uang harian rapat di dalam kantor	-	OH	40	150,000	6,000,000
Pengumpulan Data	Uang harian rapat di luar kantor	-	OH	0	0	0
Pengumpulan Data	Biaya konsumsi	-	OH	80	35,000	2,800,000
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Uang harian rapat di luar kantor	-	OH	0	0	0
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Biaya konsumsi rapat	-	OH	40	35,000	1,400,000
Pengumpulan Data	HR Petugas Survei	-	OH/OR	0	0	0
Analisis Data	HR Sekretariat/ Administrasi Peneliti	-	OB	0	0	0
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	HR Sekretariat/ Administrasi Peneliti	-	OB	0	0	0
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Luaran KI (paten, hak cipta dll)	-	Paket	0	0	0
Analisis Data	Penginapan	-	OH	0	0	0
Pengumpulan Data	Penginapan	-	OH	0	0	0
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Publikasi artikel di Jurnal Internasional	-	Paket	0	0	0
Pengumpulan Data	Tiket	-	OK (kali)	0	0	0
Analisis Data	Tiket	-	OK (kali)	0	0	0

Pengumpulan Data	Transport	-	OK (kali)	120	150,000	18,000,000
Analisis Data	Transport Lokal	-	OK (kali)	120	150,000	18,000,000
Pengumpulan Data	Uang Harian	-	OH	120	150,000	18,000,000
Analisis Data	Uang Harian	-	OH	120	150,000	18,000,000
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Uang harian rapat di dalam kantor	-	OH	40	150,000	6,000,000
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Uang harian rapat di luar kantor	-	OH	0	0	0
Pengumpulan Data	Uang harian rapat di luar kantor	-	OH	0	0	0
Bahan	ATK	-	Paket	1	10,000,000	10,000,000
Bahan	Bahan Penelitian (Habis Pakai)	-	Unit	1	22,800,000	22,800,000
Bahan	Barang Persediaan	-	Unit	0	0	0
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Biaya seminar internasional	-	Paket	0	0	0
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Biaya seminar nasional	-	Paket	0	0	0
Analisis Data	Biaya analisis sampel	-	Unit	0	0	0
Pengumpulan Data	Biaya konsumsi	-	OH	120	35,000	4,200,000
Analisis Data	Biaya konsumsi rapat	-	OH	120	35,000	4,200,000
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Biaya konsumsi rapat	-	OH	40	35,000	1,400,000
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Biaya Luaran Iptek lainnya (purwa rupa, TTG dll)	-	Paket	0	0	0
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Biaya Publikasi artikel di Jurnal Nasional	-	Paket	0	0	0
Pengumpulan Data	FGD persiapan penelitian	-	Paket	1	20,000,000	20,000,000
Analisis Data	Honorarium narasumber	-	OJ	0	0	0
Pengumpulan Data	HR Pembantu Lapangan	-	OH	0	0	0

Pengumpulan Data	HR Pembantu Peneliti	-	OJ	0	0	0
Analisis Data	HR Pengolah Data	-	P (penelitian)	0	0	0

Tahun 3 Total Rp. 358,800,000

Jenis Pembelanjaan	Komponen	Item	Satuan	Vol.	Biaya Satuan	Total
Bahan	Bahan Penelitian (Habis Pakai)	-	Unit	1	21,600,000	21,600,000
Bahan	ATK	-	Paket	10	1,000,000	10,000,000
Bahan	Barang Persediaan	-	Unit	0	0	0
Pengumpulan Data	FGD persiapan penelitian	-	Paket	1	10,000,000	10,000,000
Pengumpulan Data	HR Pembantu Peneliti	-	OJ	0	0	0
Pengumpulan Data	HR Sekretariat/ Administrasi Peneliti	-	OB	0	0	0
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	HR Sekretariat/ Administrasi Peneliti	-	OB	0	0	0
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Uang harian rapat di dalam kantor	-	OH	40	150,000	6,000,000
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Uang harian rapat di luar kantor	-	OH	0	0	0
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Biaya konsumsi rapat	-	OH	40	35,000	1,400,000
Pengumpulan Data	HR Petugas Survei	-	OH/OR	0	0	0
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Biaya seminar nasional	-	Paket	0	0	0
Pengumpulan Data	Transport	-	OK (kali)	80	150,000	12,000,000
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Biaya seminar internasional	-	Paket	1	10,000,000	10,000,000
Pengumpulan Data	Tiket	-	OK (kali)	0	0	0
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Biaya Publikasi artikel di Jurnal Nasional	-	Paket	0	0	0

Pengumpulan Data	Uang Harian	-	OH	80	150,000	12,000,000
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Publikasi artikel di Jurnal Internasional	-	Paket	0	0	0
Pengumpulan Data	Penginapan	-	OH	0	0	0
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Luaran KI (paten, hak cipta dll)	-	Paket	0	0	0
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Biaya Luaran Iptek lainnya (purwa rupa, TTG dll)	-	Paket	0	0	0
Pengumpulan Data	Uang harian rapat di dalam kantor	-	OH	0	0	0
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Biaya pembuatan dokumen uji produk	-	Paket	1	40,000,000	40,000,000
Pengumpulan Data	Uang harian rapat di luar kantor	-	OH	0	0	0
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Biaya penyusunan buku termasuk book chapter	-	Paket	0	0	0
Pengumpulan Data	Biaya konsumsi	-	OH	80	35,000	2,800,000
Pengumpulan Data	HR Pembantu Lapangan	-	OH	0	0	0
Analisis Data	HR Sekretariat/ Administrasi Peneliti	-	OB	0	0	0
Analisis Data	HR Pengolah Data	-	P (penelitian)	0	0	0
Analisis Data	Honorarium narasumber	-	OJ	0	0	0
Analisis Data	Biaya analisis sampel	-	Unit	0	0	0
Analisis Data	Tiket	-	OK (kali)	0	0	0
Analisis Data	Uang Harian	-	OH	160	150,000	24,000,000
Analisis Data	Transport Lokal	-	OK (kali)	160	150,000	24,000,000
Analisis Data	Penginapan	-	OH	0	0	0
Analisis Data	Biaya konsumsi rapat	-	OH	160	35,000	5,600,000
Analisis Data	HR Pengolah Data	-	P (penelitian)	0	0	0

Pengumpulan Data	HR Petugas Survei	-	OH/OR	0	0	0
Analisis Data	HR Sekretariat/ Administrasi Peneliti	-	OB	0	0	0
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	HR Sekretariat/ Administrasi Peneliti	-	OB	0	0	0
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Luaran KI (paten, hak cipta dll)	-	Paket	0	0	0
Pengumpulan Data	Penginapan	-	OH	0	0	0
Analisis Data	Penginapan	-	OH	0	0	0
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Publikasi artikel di Jurnal Internasional	-	Paket	0	0	0
Pengumpulan Data	Tiket	-	OK (kali)	0	0	0
Analisis Data	Tiket	-	OK (kali)	0	0	0
Pengumpulan Data	Transport	-	OK (kali)	140	150,000	21,000,000
Analisis Data	Transport Lokal	-	OK (kali)	160	150,000	24,000,000
Pengumpulan Data	Uang Harian	-	OH	140	150,000	21,000,000
Analisis Data	Uang Harian	-	OH	160	150,000	24,000,000
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Uang harian rapat di dalam kantor	-	OH	80	150,000	12,000,000
Pengumpulan Data	Uang harian rapat di luar kantor	-	OH	0	0	0
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Uang harian rapat di luar kantor	-	OH	0	0	0
Bahan	ATK	-	Paket	1	10,000,000	10,000,000
Bahan	Bahan Penelitian (Habis Pakai)	-	Unit	1	34,100,000	34,100,000
Bahan	Barang Persediaan	-	Unit	0	0	0
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Biaya seminar internasional	-	Paket	0	0	0
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Biaya seminar nasional	-	Paket	0	0	0

Analisis Data	Biaya analisis sampel	-	Unit	0	0	0
Pengumpulan Data	Biaya konsumsi	-	OH	140	35,000	4,900,000
Analisis Data	Biaya konsumsi rapat	-	OH	160	35,000	5,600,000
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Biaya konsumsi rapat	-	OH	80	35,000	2,800,000
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Biaya Luaran Iptek lainnya (purwa rupa, TTG dll)	-	Paket	0	0	0
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Biaya Publikasi artikel di Jurnal Nasional	-	Paket	0	0	0
Pengumpulan Data	FGD persiapan penelitian	-	Paket	1	20,000,000	20,000,000
Analisis Data	Honorarium narasumber	-	OJ	0	0	0
Pengumpulan Data	HR Pembantu Lapangan	-	OH	0	0	0
Pengumpulan Data	HR Pembantu Peneliti	-	OJ	0	0	0

## 6. KEMAJUAN PENELITIAN

### A. RINGKASAN

#### Latar Belakang penelitian

Selama hampir satu abad, kestabilan sistem tenaga listrik telah dipandang sebagai persyaratan penting bagi sistem tenaga untuk beroperasi dengan aman dan andal. Sistem tenaga listrik yang baik harus ekonomis dan aman dalam pengoperasian. Kestabilan tegangan merupakan kemampuan suatu sistem tenaga listrik pertahankan tegangan yang dapat diterima di semua bus dalam sistem di bawah kondisi normal dan setelah mengalami gangguan. Sistem tenaga listrik yang dirancang dengan baik akan memastikan kualitas yang baik dari catu daya yang andal dengan tetap menjaga keamanan dan operasi ekonomi sistem tenaga listrik. Mengoptimalkan operasi sistem tenaga dengan tetap menjaga keamanan dan kualitas pasokan daya merupakan tantangan besar. Kualitas dimaksudkan untuk menjaga nilai tegangan dalam batas yang diizinkan. Pelanggaran batasan nilai tegangan pada suatu titik disebabkan oleh ketidaksesuaian daya reaktif yang dihasilkan dan daya reaktif yang dikonsumsi. Operator sistem tenaga harus mengalokasikan kembali daya reaktif dengan secara optimal dengan menyesuaikan tap transformator pengubah tap on-load, eksitasi tegangan generator dan kompensator daya reaktif untuk meningkatkan profil tegangan sistem tenaga. Oleh karena itu, masalah daya reaktif sangat penting bagi sistem tenaga. Penyesuaian yang tepat tidak hanya dapat mengurangi rugi-rugi daya aktif sistem, namun dapat mempertahankan kestabilan tegangan sistem (tegangan berada dalam batasan yang diizinkan) sehingga membuat sistem beroperasi dalam rentang operasi yang stabil dan tidak ada daerah yang mengalami kondisi under-voltage maupun over-voltage. Pengontrolan daya reaktif yang tepat tidak hanya

dapat mengurangi rugi-rugi jaringan, tetapi juga dapat meningkatkan kestabilan tegangan dan membuat sistem beroperasi dalam jangkauan operasi keamanan. Oleh karena itu, penelitian ini mengusulkan perancangan metode manajemen injeksi daya reaktif untuk menjaga kestabilan sistem tenaga listrik serta penerapannya.

#### Tujuan penelitian

Tujuan khusus penelitian ini adalah merancang dan menerapkan model/metode untuk mitigasi kondisi under-voltage dan over-voltage dengan menentukan lokasi dan besar kompensasi daya reaktif pada sistem tenaga listrik untuk mengurangi rugi-rugi jaringan dan menjaga batas kestabilan tegangan dalam batas yang telah ditetapkan.

#### Tahapan metode penelitian

Penelitian ini direncanakan selama 3 tahun. Tahun pertama, metode pengontrolan injeksi daya reaktif dikembangkan dan dibuatkan programnya yang akan didaftar Hak Kekayaan Intelektual (HKI) dan hasilnya dipublikasikan pada prosiding internasional. Tahun kedua dan ketiga akan fokus pada dokumentasi uji coba metode dan penulisan prosiding internasional.

#### Luaran yang ditargetkan

Luaran utama yang ditargetkan dari hasil Penelitian Terapan Unggulan Perguruan Tinggi ini adalah:

Tahun ke-1:

Wajib : Metode (program) yang dilindungi oleh Hak Kekayaan Intelektual berupa Hak Cipta

Tambahan : Prosiding seminar internasional

Tahun ke-2:

Wajib : Dokumentasi hasil uji coba metode

Tambahan : Prosiding seminar internasional

Tahun ke-3:

Wajib : Dokumentasi hasil uji coba metode

Tambahan : Prosiding seminar internasional

#### Uraian TKT penelitian

TKT penelitian ini adalah TKT 4 dimana sistem telah yang dirancang lengkap dan handal melalui pengujian dan demonstrasi.

### **B. KATA KUNCI**

Kestabilan sistem tenaga listrik; kondisi under-voltage; kondisi over-voltage; rugi-rugi jaringan; pengontrolan daya reaktif

Pengisian poin C sampai dengan poin H mengikuti template berikut dan tidak dibatasi jumlah kata atau halaman namun disarankan ringkas mungkin. Dilarang menghapus/memodifikasi template ataupun menghapus penjelasan di setiap poin.

**C. HASIL PELAKSANAAN PENELITIAN:** Tuliskan secara ringkas hasil pelaksanaan penelitian yang telah dicapai sesuai tahun pelaksanaan penelitian. Penyajian meliputi data, hasil analisis, dan capaian luaran (wajib dan atau tambahan). Seluruh hasil atau capaian yang dilaporkan harus berkaitan dengan tahapan pelaksanaan penelitian sebagaimana direncanakan pada proposal. Penyajian data dapat berupa gambar, tabel, grafik, dan sejenisnya, serta analisis didukung dengan sumber pustaka primer yang relevan dan terkini.

Aliran daya reaktif optimal memainkan peran penting dalam menjaga keandalan dan keamanan sistem tenaga listrik. Pengontrolan aliran daya reaktif optimal untuk meningkatkan ekonomi dan keamanan pengoperasian sistem tenaga listrik telah mendapat banyak perhatian saat ini. Tujuan pengiriman daya reaktif optimal dalam sistem tenaga listrik adalah untuk mengidentifikasi nilai optimal dari variabel kontrol seperti besaran tegangan generator, pengaturan tap transformator dan jumlah perangkat kompensasi yang akan diaktifkan. Tujuan utama dari masalah pengontrolan aliran daya reaktif yang optimal adalah untuk meminimalkan rugi-rugi daya aktif dan penyimpangan tegangan dan peningkatan kestabilan tegangan sistem. Pengontrolan daya reaktif optimal adalah masalah optimasi nonlinier dan memiliki sejumlah kendala persamaan dan ketidaksetaraan seperti aliran beban, tegangan bus generator, tegangan bus beban, pembangkit daya reaktif, kompensasi daya reaktif dan pengaturan tap transformator. Optimisasi daya reaktif adalah masalah perkiraan dari perhitungan aliran daya optimal, yang menentukan semua jenis variabel yang dapat dikontrol. Karena rasio tap transformator dan output kapasitor/reaktor shunt memiliki sifat diskrit, sedangkan output daya reaktif generator dan kompensator VAR statis, besaran tegangan bus, dan sudut berada di sisi lain. Masalah pengontrolan daya reaktif optimal melibatkan pemanfaatan terbaik dari besaran tegangan bus generator yang ada, pengaturan tap transformator dan output dari sumber daya reaktif untuk meminimalkan kerugian dan penyimpangan tegangan, dan untuk meningkatkan kestabilan tegangan sistem tenaga listrik.

Aliran daya reaktif optimal merupakan sub-bagian dari aliran daya optimal yang menentukan semua jenis variabel yang dapat dikontrol untuk operasi yang optimal. Fungsi objektif nya adalah meminimalisir rugi-rugi transmisi, meminimalisir harga bahan bakar, memperbaiki kualitas daya (dalam hal ini memperbaiki deviasi tegangan), dan meminimalkan modal dalam perencanaan sistem. Dalam sistem ini yang dikontrol adalah daya reaktif, sehingga variabel kontrol merupakan sumber daya reaktif pada sistem seperti tegangan bus generator, posisi tap transformator, dan daya reaktif dari kompensator.

#### A. Formulasi Matematis Aliran Daya Reaktif Optimal

Persamaan umum untuk optimasi adalah sebagai berikut [1 – 2]:

$$\text{Meminimalkan } f(x, u) \tag{1}$$

Dengan memenuhi

$$g(x, u) = 0 \tag{2}$$

$$h(x, u) \leq 0 \tag{3}$$

Dimana  $f(x, u)$  adalah fungsi objektif yang akan dioptimalkan, sedangkan  $g(x, u)$  dan  $h(x, u)$  adalah persamaan dan pertidaksamaan kendala secara berurutan,  $x$  adalah variable tetap, dan  $u$  adalah vector dari variabel kontrol.

Total rugi-rugi daya aktif pada sistem AC/DC dapat dikalkulasikan sebagai berikut [1]:

$$P_{Loss} = \sum_{i=1}^{n_g} P_{gi} - \sum_{i=1}^{n_b} P_{loadi} - \sum_{i=1}^{n_c} P_{di} \tag{4}$$

Dimana  $n_g, n_b, P_g$  dan  $P_{loadi}$  adalah jumlah generator, jumlah bus AC, daya aktif keluar generator dan daya aktif untuk beban AC secara berurutan.

Adapun untuk persamaan kendala untuk sistem AC adalah [1]:

$$P_{gi} - P_{loadi} - P_{di} - P_{linei} = 0 \tag{5}$$

$$Q_{gi} + Q_{sci} - Q_{loadi} - Q_{di} - Q_{linei} = 0 \tag{6}$$

Dimana  $Q_{gi}, Q_{sci}, Q_{loadi}, P_{linei}$  dan  $Q_{linei}$  adalah daya reaktif keluar generator, daya reaktif kondensator sinkron, daya reaktif dari beban AC, daya aktif yang mengalir dari bus AC ke- $i$  ke bus AC lain dan daya reaktif yang mengalir dari bus AC ke- $i$  ke bus AC lain secara berurutan.

Pertidaksamaan kendala untuk sistem AC adalah [1]:

$$V_i^{min} \leq V_i \leq V_i^{max} \quad (7)$$

$$Q_{sci}^{min} \leq Q_{sci} \leq Q_{sci}^{max} \quad (8)$$

$$t_i^{min} \leq t_i \leq t_i^{max} \quad (9)$$

Dimana  $t_i$  merupakan nilai tap dari transformator antar bus AC.

Variabel tetap dari sistem

$$x_{ac} = [P_1, \dots, P_{nb}, Q_1, \dots, Q_{nb}, V_1, \dots, V_{nl}, \delta_1, \dots, \delta_{nb}] \quad (10)$$

Dimana  $\delta$  dan  $nl$  merupakan sudut tenggangan dan jumlah bus beban secara berurutan.

Variabel kontrol dari sistem AC ( $u_{ac}$ ) adalah:

$$u_{ac} = [V_1, \dots, V_g, Q_{sc}, \dots, Q_{nsc}, t_1, \dots, t_{nt}] \quad (11)$$

Dimana  $nsc, nt$  adalah jumlah kompensator shunt/seri, jumlah tap dari transformator tap

## B. Bat Algorithm

Algoritma pencarian kelelawar (*bat algorithm*-BA) adalah algoritma optimasi yang terinspirasi oleh perilaku ekolokasi kelelawar alami dalam mencari makanannya. Algoritma ini diperkenalkan oleh Xin-She Yang pada tahun 2010 [3] dan telah banyak digunakan untuk menyelesaikan berbagai masalah optimasi. Setiap kelelawar virtual dalam populasi awal menggunakan cara homolog dengan melakukan cara ekolokasi untuk memperbarui posisinya. Ekolokasi kelelawar adalah sistem persepsi di mana serangkaian gelombang ultrasound yang keras dilepaskan untuk menciptakan gema. Gelombang ini dikembalikan dengan penundaan dan berbagai suara tingkat yang memenuhi syarat kelelawar untuk menemukan mangsa tertentu. Beberapa aturan diselidiki untuk memperluas struktur algoritma pencarian kelelawar dan menggunakan karakteristik ekolokasi kelelawar.

Ada tiga karakteristik utama dari kelelawar mikro yang digunakan untuk membangun struktur dasar algoritma pencarian kelelawar. Karakteristik pertama adalah perilaku ekolokasi. Karakteristik kedua adalah frekuensi sinyal. Sinyal dikirim oleh kelelawar mikro dengan frekuensi ( $f$ ) dan variabel panjang gelombang ( $\lambda$ ). Karakteristik ketiga adalah kenyaringan suara yang dipancarkan ( $A_0$ ), yang digunakan untuk mencari mangsa.

Kelebihan yang dimiliki oleh algoritma pencarian kelelawar adalah:

- Memiliki sifat konvergensi yang baik dan kualitas solusi yang lebih baik daripada beberapa algoritma heuristik lain dalam banyak literasi.
- Mudah diimplementasikan
- Kemampuan untuk mendapatkan solusi optimal dapat dilakukan dengan waktu komputasi yang lebih singkat.

Adapun langkah-langkah dasar algoritma pencarian kelelawar dapat diringkas dalam *Pseudo code* sebagai berikut:

---

### *Pseudo code dari algoritma pencarian kelelawar*

---

Fungsi objektif  $f(x)$ ,  $x = (x_1, \dots, x_d)^T$

Inisialisasi populasi kelelawar  $x_i (i = 1, 2, \dots, n)$  dan  $v_i$

Tetapkan frekuensi *pulse*  $f_i$  pada  $x_i$

Inisialisasi rating *pulse*  $r_i$  dan *loudness*  $A_i$

**while** ( $t <$  jumlah maksimum iterasi)

hasilkan solusi baru dengan mengatur frekuensi, dan perbarui velocities dan lokasi/solusi

**if** ( $rand < r_i$ )

Pilih solusi diantara solusi terbaik

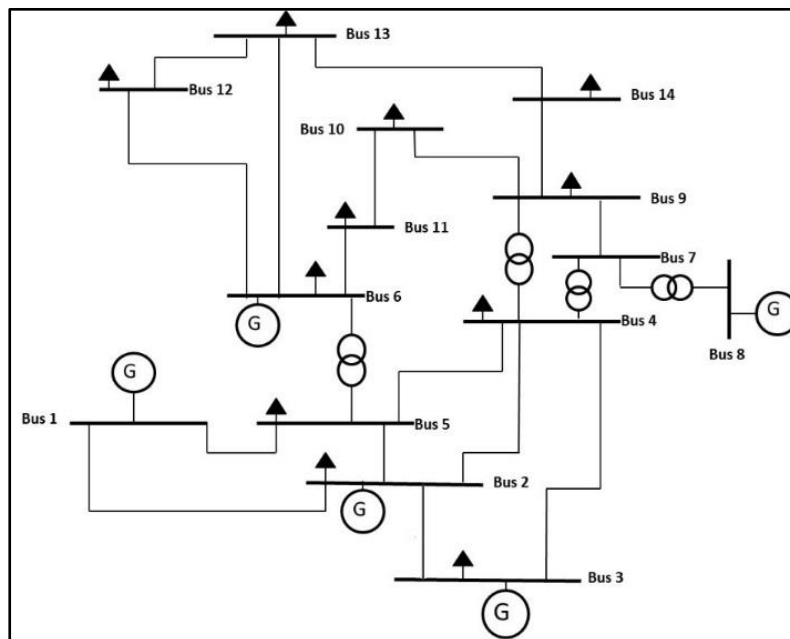
Tentukan solusi lokal diantara solusi terbaik yang telah dipilih

**end if**

Tentukan solusi baru dengan menerbangkannya secara acak

**If** ( $rand < A_i$  &  $f(x_i) < f(x^{Gbest})$ )  
 Terima solusi baru  
 Naikkan  $r_i$  dan turunkan  $A_i$   
**end if**  
 Urutkan kelelawar dan temukan  $x^{Gbest}$  yang terbaik  
**end while**  
 Tampilkan hasil dan visualisasinya.

Penelitian ini menggunakan sistem IEEE 14 bus untuk pengujian metode yang dikembangkan. Secara umum data sistem terdiri dari lima bus generator, 9 bus beban dan 20 cabang dan terdapat tiga tap changer transformator pada line 6-9, 6- 10, dan 4-12. Selain itu, bus 10 telah dipilih sebagai bus kompensasi VAR shunt. Oleh karena itu, total 9 variabel kontrol yang dioptimalkan diambil untuk masalah injeksi daya reaktif ini.



**Gambar 1. Diagram Garis Tunggal dari Sistem IEEE 14 Bus**

Adapun untuk batasan sistem untuk setiap variabel dapat dilihat pada Tabel 1 berikut ini:

**Tabel 1. Batasan Nilai pada Variabel Kontrol**

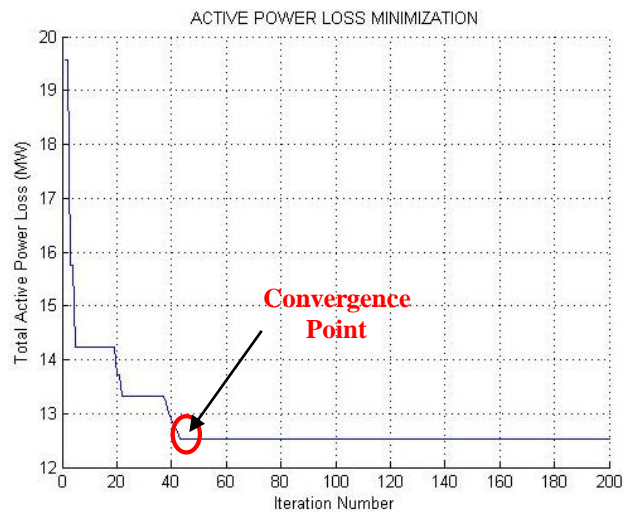
Kontrol Variabel (p.u)	Minimum	Maximum
Tegangan Generator	0,95	1,10
Setting Tap Transformator	0,90	1,10
Daya Reaktif kompensator	0,00	0,20

Data dan parameter pada sistem yang digunakan dirangkum pada Tabel 2 berikut ini.

**Tabel 2 Parameter dan Pengaturan Data**

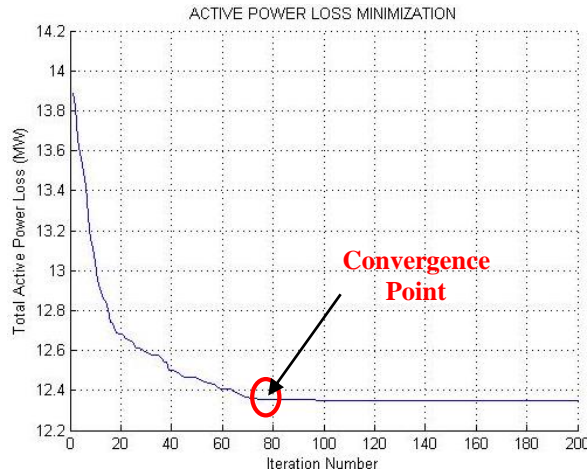
Parameter	Algoritma burung (PSO)	Algoritma Kelelawar (BA)
Ukuran Kawanan / Kelelawar	50	20
Iterasi Maksimum	200	200
Jumlah Variabel	12	12
Konstanta akselerasi	2,05	-
Bobot Inersia Adaptif	0,9-0,4	0,9-0,4
Frekuensi minimum	-	0
Frekuensi maksimum	-	2
Laju bunyi minimum	-	0
Laju bunyi maksimum	-	1
Kenyaringan minimum	-	1
Kenyaringan maksimum	-	2
Konstanta kenyaringan	-	0,99
Konstanta laju bunyi	-	0,9
Faktor konstiksi	0,729	-

Setelah semua variabel kontrol telah ditentukan, parameter dan batasan nilai juga telah diatur berdasarkan tabel diatas, simulasi dijalankan untuk menguji performa algoritma pencarian kelelawar. Dalam penelitian ini, hasil aliran daya reaktif berdasarkan algoritma kelelawar akan dibandingkan algoritma burung (*Particle swarm optimization*-PSO). Gambar 2 dan 3 memperlihatkan kurva konvergensi dengan menggunakan metode PSO dan BA.



**Gambar 2. Kurva Konvergensi PSO untuk sistem IEEE 14 Bus**

Dari Gambar 2 di atas dapat dilihat bahwa metode PSO mencapai titik konvergen pada iterasi ke-43 dengan waktu komputasi 316,857 detik. Hal ini menjelaskan karakteristik metode PSO dimana metode ini cukup cepat untuk mencapai konvergensi namun membutuhkan waktu komputasi yang lama dalam menyelesaikan simulasi.



**Gambar 3. Kurva Konvergensi BA pada Skenario 1 untuk sistem IEEE 14 Bus**

Berbeda halnya dengan PSO, performa dari metode BA dapat dilihat pada Gambar 3, dimana kemampuan untuk mencapai titik konvergen melalui sekitar 78 iterasi dengan total waktu komputasi 118,375 detik. Hal ini menunjukkan bahwa metode PSO memiliki kemampuan untuk mencapai konvergensi yang lebih cepat dari BA, namun di sisi lain BA memiliki waktu komputasi yang jauh lebih cepat yaitu tiga kali lebih cepat dari PSO.

Tabel 3 memperlihatkan hasil optimasi antara algoritma pencarian kelelawar dan algoritma burung. Terlihat dengan optimasi algoritma kelelawar menghasilkan rugi-rugi rata2 sistem lebih rendah dibandingkan algoritma burung.

**Tabel 3. Perbandingan Hasil Simulasi**

Metode Sistem	Rugi P (MW) Minimum	Rugi P (MW) Maksimum	Rugi P (MW) Rata-Rata
Algoritma burung (PSO)	13,125	13,414	13,2016
Algoritma kelelawar (BA)	12,275	12,387	12,3241
Metode Sistem	Rugi Q (MVAR) Minimum	Rugi Q (MVAR) Maksimum	Rugi Q (MW) Rata-Rata
Algoritma burung (PSO)	53,871	54,651	54,079
Algoritma kelelawar (BA)	49,714	53,0586	52,273

Untuk menguji hasil simulasi diatas, Tabel 4 membandingkan hasil yang diperoleh dengan hasil simulasi algoritma lain yang menyelesaikan permasalahan aliran daya reaktif optimal pada sistem IEEE 14 bus dari penelitian-penelitian sebelumnya.

**Tabel 4. Perbandingan Hasil Simulasi Metode yang Diajukan**

Algoritma	Rugi P (MW) Rata-Rata
BSOA [4]	12,4592
MGBTLBO [5]	12,6070
DDE [5]	13,1876
MTLA-DE [5]	13,1451
PSO	13,2016
BA	12,3241

Dari tabel diatas, algoritma kelelawar menunjukkan hasil yang paling baik diantara metode-metode yang diambil dari literatur lainnya karena menghasilkan rugi daya rata-rata yang paling rendah. Sehingga dapat dilihat bahwa metode algoritma kelelawar ini terbukti andal dalam menyelesaikan aliran daya reaktif optimal tanpa melanggar batasan-batasan yang telah diberikan.

**D. STATUS LUARAN:** Tuliskan jenis, identitas dan status ketercapaian setiap luaran wajib dan luaran tambahan (jika ada) yang dijanjikan. Jenis luaran dapat berupa publikasi, perolehan kekayaan intelektual, hasil pengujian atau luaran lainnya yang telah dijanjikan pada proposal. Uraian status luaran harus didukung dengan bukti kemajuan ketercapaian luaran sesuai dengan luaran yang dijanjikan. Lengkapi isian jenis luaran yang dijanjikan serta unggah bukti dokumen ketercapaian luaran wajib dan luaran tambahan melalui Simlitabmas.

Luaran tahun pertama adalah Hak Cipta telah didaftarkan dengan nomor pendaftaran EC00202150021 pada tanggal 25 September 2021 dan telah mendapatkan Hak Cipta dengan nomor pendaftaran 000276597. Sertifikat Hak Cipta dapat dilihat pada Gambar 4. Adapun luaran tambahan adalah prosiding internasional yang telah dipresentasikan dengan judul “Optimal capacitor placement in a dominant induction motor loads power system” di 7th International Conference on Advances on Clean Energy Research, ICACER 2022, April 20-22, 2022, Barcelona, Spain (Virtual conference). Sertifikat presentasi makalah dapat dilihat pada Gambar 5.



REPUBLIK INDONESIA  
KEMENTERIAN HUKUM DAN HAK ASASI MANUSIA

## SURAT PENCATATAN CIPTAAN

Dalam rangka perlindungan ciptaan di bidang ilmu pengetahuan, seni dan sastra berdasarkan Undang-Undang Nomor 28 Tahun 2014 tentang Hak Cipta, dengan ini menerangkan:

Nomor dan tanggal permohonan : EC00202150021, 25 September 2021

**Pencipta**

Nama : **Ardiaty Arief, ST., MTM., Ph.D., Ir. Muhammad Bachtiar Nappu, ST., MT., M.Phil., Ph.D. dkk**

Alamat : **Jl. Sunu Komp. UNHAS Blok E 12 A, Kota Makassar , SULAWESI SELATAN, 90213**

Kewarganegaraan : **Indonesia**

**Pemegang Hak Cipta**

Nama : **LPPM Universitas Hasanuddin**

Alamat : **Jl. Perintis Kemerdekaan Km. 10, Tamalanrea, Makassar , SULAWESI SELATAN, 90245**

Kewarganegaraan : **Indonesia**

Jenis Ciptaan : **Program Komputer**

Judul Ciptaan : **PROGRAM PENGONTROLAN ALIRAN DAYA REAKTIF OPTIMAL BERBASIS ALGORITMA PENCARIAN KELELAWAR**

Tanggal dan tempat diumumkan untuk pertama kali di wilayah Indonesia atau di luar wilayah Indonesia : **17 Agustus 2021, di Makassar**

Jangka waktu perlindungan : **Berlaku selama 50 (lima puluh) tahun sejak Ciptaan tersebut pertama kali dilakukan Pengumuman.**

Nomor pencatatan : **000276597**

adalah benar berdasarkan keterangan yang diberikan oleh Pemohon.  
Surat Pencatatan Hak Cipta atau produk Hak terkait ini sesuai dengan Pasal 72 Undang-Undang Nomor 28 Tahun 2014 tentang Hak Cipta.

a.n. MENTERI HUKUM DAN HAK ASASI MANUSIA  
DIREKTUR JENDERAL KEKAYAAN INTELEKTUAL



Dr. Freddy Harris, S.H., LL.M., ACCS.  
NIP. 196611181994031001

Disclaimer:  
Dalam hal pemohon memberikan keterangan tidak sesuai dengan surat pernyataan, menteri berwenang untuk mencabut surat pencatatan permohonan.

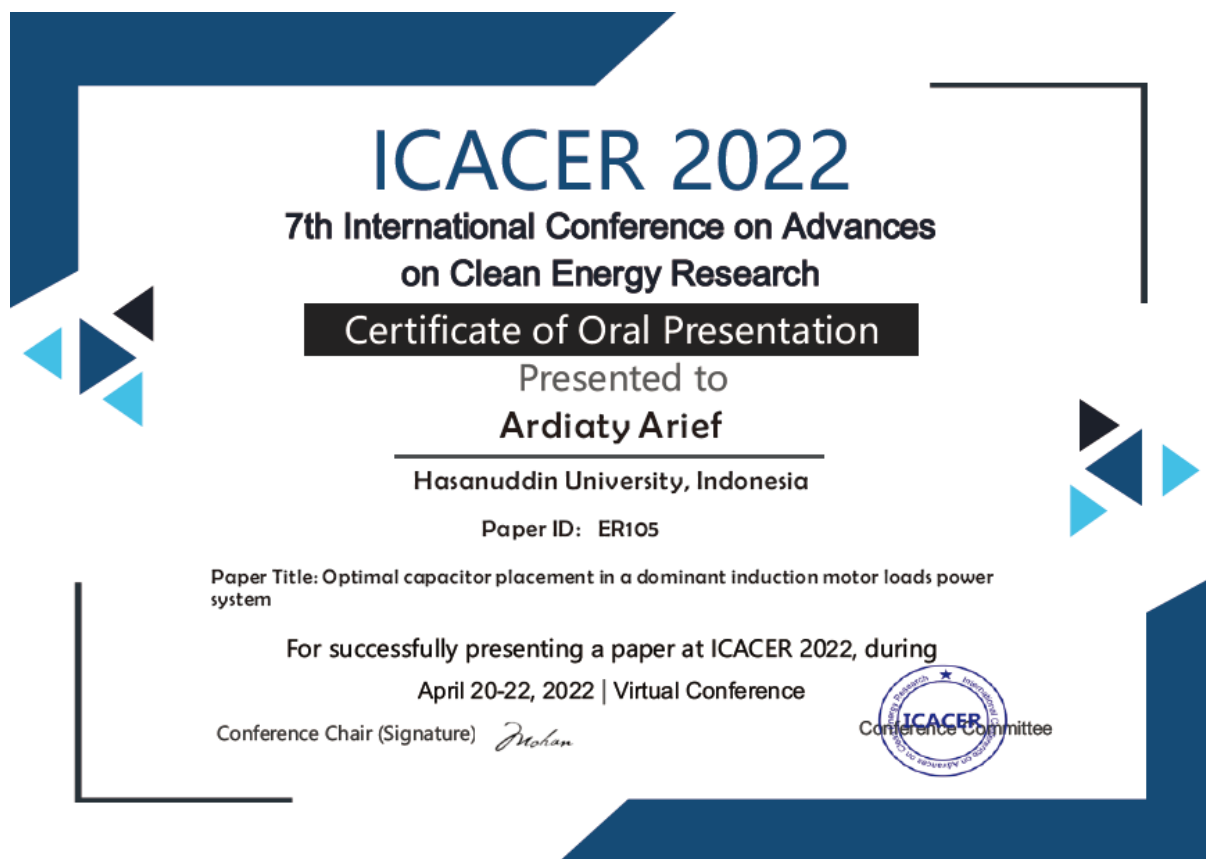
**LAMPIRAN PENCIPTA**

No	Nama	Alamat
1	Ardiaty Arief, ST., MTM., Ph.D.	Jl. Sunu Komp. UNHAS Blok E 12 A
2	Ir. Muhammad Bachtiar Nappu, ST., MT., M.Phil., Ph.D.	Jl. Sunu Komp. UNHAS Blok E 12 A
3	Erwin, S.T.	Komplek Pondok Tirta Mandala Blok E No 2 Kecamatan Cilodong



(b)

Gambar 4 (a) Surat Pencatatan Ciptaan (b) Lampiran



Gambar 5. Sertifikat presentasi pada konferensi internasional

**E. PERAN MITRA:** Tuliskan realisasi kerjasama dan kontribusi Mitra baik *in-kind* maupun *in-cash* (untuk Penelitian Terapan, Penelitian Pengembangan, PTUPT, PPUPT serta KRUP). Bukti pendukung realisasi kerjasama dan realisasi kontribusi mitra dilaporkan sesuai dengan kondisi yang sebenarnya. Bukti dokumen realisasi kerjasama dengan Mitra diunggah melalui Simlitabmas.

Bentuk kerjasama dan kontribusi mitra (Bpk. Erwin - PT. PLN Persero) dalam bentuk *in-kind* adalah membantu dalam memperoleh data-data yang diperlukan dan diskusi terkait sistem kelistrikan dengan energi terbarukan serta membantu memberikan saran-saran dan input dalam pembuatan Hak Cipta sebagaimana terlihat pada lampiran Hak Cipta pada Gambar 4 (b) serta berpartisipasi aktif dalam penulisan makalah “Optimal capacitor placement in a dominant induction motor loads power system” seperti pada Gambar 6.

7th International Conference on Advances on Clean Energy Research, ICACER 2022  
April 20-22, 2022, Barcelona, Spain

## Optimal capacitor placement in a dominant induction motor loads power system

Ardiaty Arief<sup>a,b,\*</sup>, Muhammad Bachtiar Nappu<sup>a,b</sup>, Syahrul Mustafa<sup>c</sup>, Erwin<sup>d</sup> and  
Sarwa Thaha<sup>e</sup>

<sup>a</sup>Centre for Research and Development on Energy and Electricity, Hasanuddin University, Makassar 90245, Indonesia

<sup>b</sup>Power and Energy Systems Research Group, Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering, Hasanuddin University, Gowa  
92119, Indonesia

<sup>c</sup>Department of Electrical Engineering, Bosowa Polytechnic, Makassar 90241, Indonesia

<sup>d</sup>PT. PLN. (Persero) Education and Training Center (Indonesian State Electricity Company), South Jakarta 12550, Indonesia

<sup>e</sup>Department of Electrical Engineering, State Polytechnic of Ujung Pandang, Makassar 90245, Indonesia

**Gambar 6** Tampilan makalah yang dipresentasikan pada ICACER 2022

**F. KENDALA PELAKSANAAN PENELITIAN:** Tuliskan kesulitan atau hambatan yang dihadapi selama melakukan penelitian dan mencapai luaran yang dijanjikan, termasuk penjelasan jika pelaksanaan penelitian dan luaran penelitian tidak sesuai dengan yang direncanakan atau dijanjikan.

Kendala yang ditemui selama pelaksanaan penelitian adalah dalam pembuatan program/pemodelan terdapat beberapa kesalahan/kekeliruan yang menyebabkan program tidak dapat berfungsi sehingga harus dicari letak kesalahan sampai program benar dan dapat beroperasi.

**G. RENCANA TAHAPAN SELANJUTNYA:** Tuliskan dan uraikan rencana penelitian di tahun berikutnya berdasarkan indikator luaran yang telah dicapai, rencana realisasi luaran wajib yang dijanjikan dan tambahan (jika ada) di tahun berikutnya serta *roadmap* penelitian keseluruhan. Pada bagian ini diperbolehkan untuk melengkapi penjelasan dari setiap tahapan dalam metoda yang akan direncanakan termasuk jadwal berkaitan dengan strategi untuk mencapai luaran seperti yang telah dijanjikan dalam proposal. Jika diperlukan, penjelasan dapat juga dilengkapi dengan gambar, tabel, diagram, serta pustaka yang relevan. Jika laporan kemajuan merupakan laporan pelaksanaan tahun terakhir, pada bagian ini dapat dituliskan rencana penyelesaian target yang belum tercapai.

Penelitian tahap 2 telah selesai. Rencana selanjutnya melanjutkan penelitian tahap ketiga (tahun ketiga) yaitu pengujian metode dengan menggunakan sistem IEEE 30 bus.

**H. DAFTAR PUSTAKA:** Penyusunan Daftar Pustaka berdasarkan sistem nomor sesuai dengan urutan pengutipan. Hanya pustaka yang disitasi pada laporan kemajuan yang dicantumkan dalam Daftar Pustaka.

- [1] Kılıç, U., K. Ayan, and U. Arifoğlu, *Optimizing reactive power flow of HVDC systems using genetic algorithm*. International Journal of Electrical Power & Energy Systems, 2014. **55**: p. 1-12.
- [2] Taghavi, R. and A. Seifi, *Optimal reactive power control in hybrid power systems*. Electric Power Components and Systems, 2012. **40**(7): p. 741-758.

- [3] Yang, X.-S., *A new metaheuristic bat-inspired algorithm*, in *Nature inspired cooperative strategies for optimization (NICSO 2010)*. 2010, Springer. p. 65-74.
- [4] Shaheen, A.M., R.A. El-Sehiemy, and S.M. Farrag, *Integrated strategies of backtracking search optimizer for solving reactive power dispatch problem*. *IEEE Systems Journal*, 2016. **12**(1): p. 424-433.
- [5] Ghasemi, M., et al., *Solving optimal reactive power dispatch problem using a novel teaching–learning-based optimization algorithm*. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 2015. **39**: p. 100-108.



REPUBLIK INDONESIA  
KEMENTERIAN HUKUM DAN HAK ASASI MANUSIA

# SURAT PENCATATAN CIPTAAN

Dalam rangka perlindungan ciptaan di bidang ilmu pengetahuan, seni dan sastra berdasarkan Undang-Undang Nomor 28 Tahun 2014 tentang Hak Cipta, dengan ini menerangkan:

Nomor dan tanggal permohonan : EC00202150021, 25 September 2021

## Pencipta

Nama : **Ardiaty Arief, ST., MTM., Ph.D., Ir. Muhammad Bachtiar Nappu, ST., MT., M.Phil., Ph.D. dkk**

Alamat : Jl. Sunu Komp. UNHAS Blok E 12 A, Kota Makassar , SULAWESI SELATAN, 90213

Kewarganegaraan : Indonesia

## Pemegang Hak Cipta

Nama : **LPPM Universitas Hasanuddin**

Alamat : Jl. Perintis Kemerdekaan Km. 10, Tamalanrea, Makassar , SULAWESI SELATAN, 90245

Kewarganegaraan : Indonesia

Jenis Ciptaan : **Program Komputer**

Judul Ciptaan : **PROGRAM PENGONTROLAN ALIRAN DAYA REAKTIF OPTIMAL BERBASIS ALGORITMA PENCARIAN KELELAWAR**

Tanggal dan tempat diumumkan untuk pertama kali di wilayah Indonesia atau di luar wilayah Indonesia : 17 Agustus 2021, di Makassar

Jangka waktu perlindungan : Berlaku selama 50 (lima puluh) tahun sejak Ciptaan tersebut pertama kali dilakukan Pengumuman.

Nomor pencatatan : 000276597

adalah benar berdasarkan keterangan yang diberikan oleh Pemohon.

Surat Pencatatan Hak Cipta atau produk Hak terkait ini sesuai dengan Pasal 72 Undang-Undang Nomor 28 Tahun 2014 tentang Hak Cipta.

a.n. MENTERI HUKUM DAN HAK ASASI MANUSIA  
DIREKTUR JENDERAL KEKAYAAN INTELEKTUAL



Dr. Freddy Harris, S.H., LL.M., ACCS.  
NIP. 196611181994031001

## Disclaimer:

Dalam hal pemohon memberikan keterangan tidak sesuai dengan surat pernyataan, menteri berwenang untuk mencabut surat pencatatan permohonan.

## LAMPIRAN PENCIPTA

No	Nama	Alamat
1	Ardiaty Arief, ST., MTM., Ph.D.	Jl. Sunu Komp. UNHAS Blok E 12 A
2	Ir. Muhammad Bachtiar Nappu, ST., MT., M.Phil., Ph.D.	Jl. Sunu Komp. UNHAS Blok E 12 A
3	Erwin, S.T.	Komplek Pondok Tirta Mandala Blok E No 2 Kecamatan Cilodong



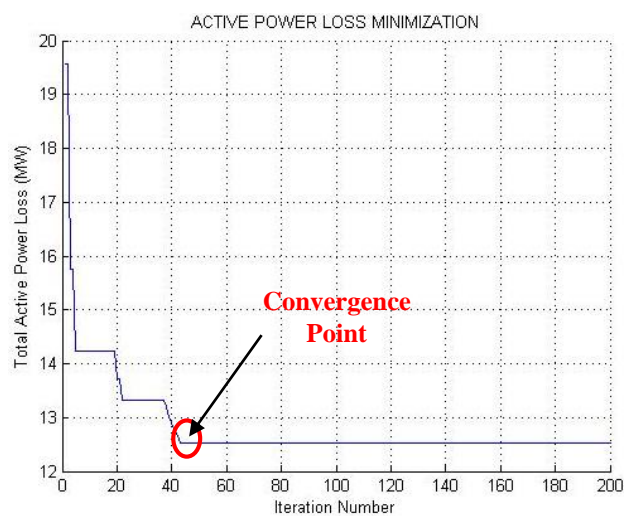


Data dan parameter pada sistem yang digunakan dirangkum pada Tabel 2 dibawah ini.

**Tabel 2 Parameter dan Pengaturan Data**

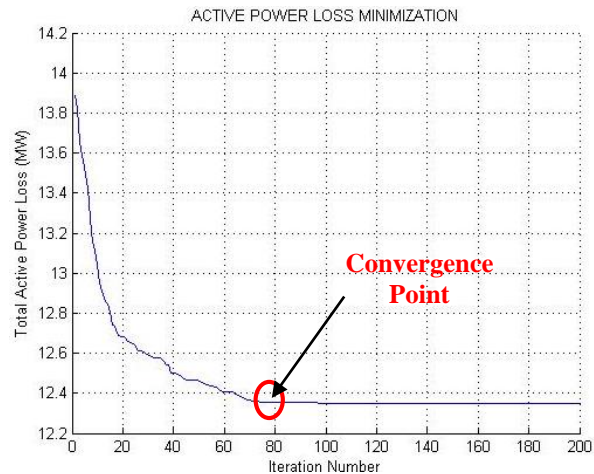
Parameter	Algoritma burung (PSO)	Algoritma Kelelawar (BA)
Ukuran Kawan / Kelelawar	50	20
Iterasi Maksimum	200	200
Jumlah Variabel	12	12
Konstanta akselerasi	2,05	-
Bobot Inersia Adaptif	0,9-0,4	0,9-0,4
Frekuensi minimum	-	0
Frekuensi maksimum	-	2
Laju bunyi minimum	-	0
Laju bunyi maksimum	-	1
Kenyaringan minimum	-	1
Kenyaringan maksimum	-	2
Konstanta kenyaringan	-	0,99
Konstanta laju bunyi	-	0,9
Faktor konstiksi	0,729	-

Setelah semua variabel kontrol telah ditentukan, parameter dan batasan nilai juga telah diatur berdasarkan tabel diatas, simulasi dijalankan untuk menguji performa algoritma pencarian kelelawar. Dalam penelitian ini, hasil aliran daya reaktif berdasarkan algoritma kelelawar akan dibandingkan algoritma burung (*Particle swarm optimization-PSO*). Gambar 2 dan 3 memperlihatkan kurva konvergensi dengan menggunakan metode PSO dan BA.



**Gambar 2. Kurva Konvergensi PSO untuk sistem IEEE 14 Bus**

Dari Gambar 2 di atas dapat dilihat bahwa metode PSO mencapai titik konvergen pada iterasi ke-43 dengan waktu komputasi 316,857 detik. Hal ini menjelaskan karakteristik metode PSO dimana metode ini cukup cepat untuk mencapai konvergensi namun membutuhkan waktu komputasi yang lama dalam menyelesaikan simulasi.



**Gambar 3. Kurva Konvergensi BA pada Skenario 1 untuk sistem IEEE 14 Bus**

Berbeda halnya dengan PSO, performa dari metode BA dapat dilihat pada Gambar 3, dimana kemampuan untuk mencapai titik konvergen melalui sekitar 78 iterasi dengan total waktu komputasi 118,375 detik. Hal ini menunjukkan bahwa metode PSO memiliki kemampuan untuk mencapai konvergensi yang lebih cepat dari BA, namun di sisi lain BA memiliki waktu komputasi yang jauh lebih cepat yaitu tiga kali lebih cepat dari PSO.

Tabel 3 memperlihatkan hasil optimasi antara algoritma pencarian kelelawar dan algoritma burung. Terlihat dengan optimasi algoritma kelelawar menghasilkan rugi-rugi rata2 sistem lebih rendah dibandingkan algoritma burung.

**Tabel 3. Perbandingan Hasil Simulasi**

<b>Metode Sistem</b>	<b>Rugi P (MW) Minimum</b>	<b>Rugi P (MW) Maksimum</b>	<b>Rugi P (MW) Rata-Rata</b>
Algoritma burung (PSO)	13,125	13,414	13,2016
Algoritma kelelawar (BA)	12,275	12,387	12,3241
<b>Metode Sistem</b>	<b>Rugi Q (MVAR) Minimum</b>	<b>Rugi Q (MVAR) Maksimum</b>	<b>Rugi Q (MW) Rata-Rata</b>
Algoritma burung (PSO)	53,871	54,651	54,079
Algoritma kelelawar (BA)	49,714	53,0586	52,273

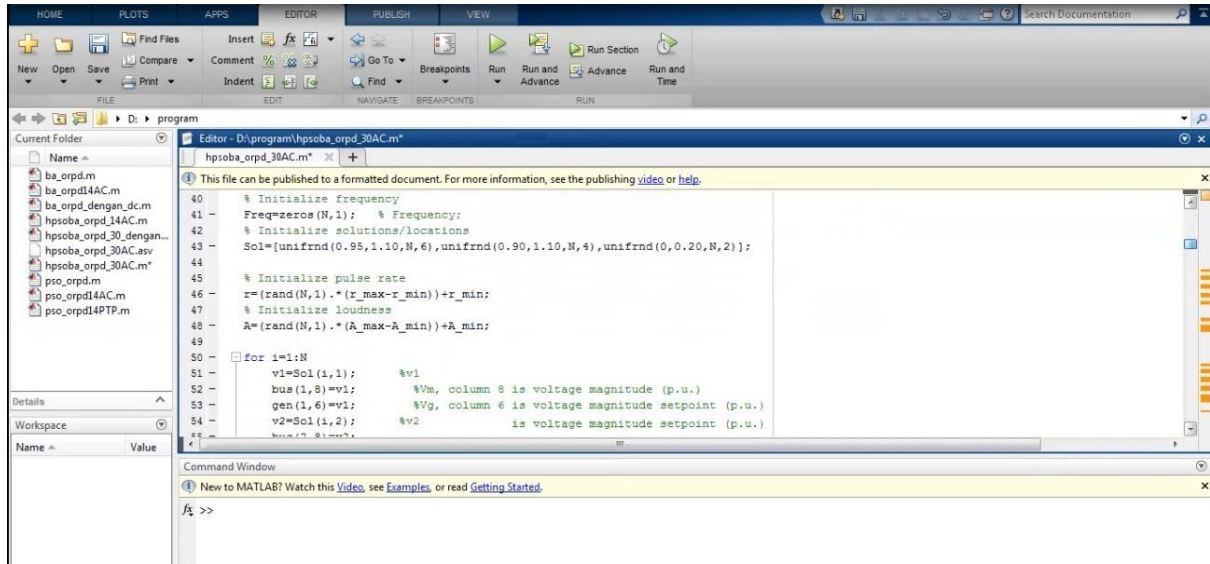
Untuk menguji hasil simulasi diatas, Tabel 4 membandingkan hasil yang diperoleh dengan hasil simulasi algoritma lain yang menyelesaikan sebuah aliran daya reaktif optimal pada sistem IEEE 14 bus dari penelitian-penelitian sebelumnya.

**Tabel 4. Perbandingan Hasil Simulasi Metode yang Diajukan**

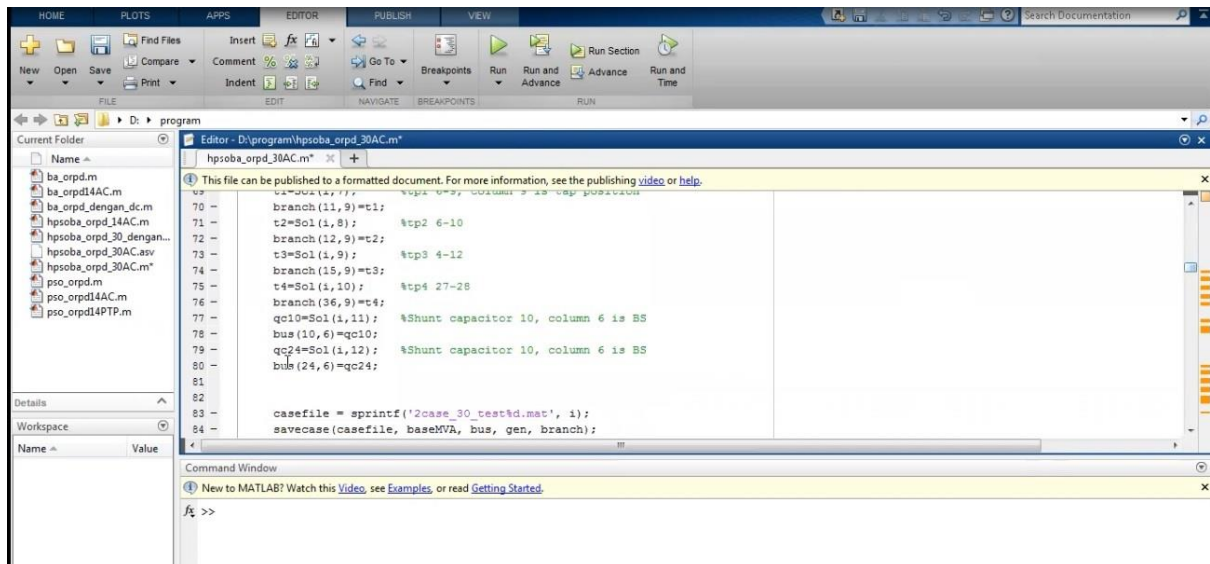
<b>Algoritma</b>	<b>Rugi P (MW) Rata-Rata</b>
BSOA	12,4592
MGBTLBO	12,6070
DDE	13,1876
MTLA-DE	13,1451
PSO	13,2016
BA	12,3241

Dari tabel diatas, algoritma kelelawar menunjukkan hasil yang paling baik diantara metode-metode yang diambil dari literatur lainnya. Sehingga dapat dilihat bahwa metode algoritma kelelawar ini terbukti handal dalam menyelesaikan aliran daya reaktif optimal tanpa melanggar batasan-batasan yang telah diberikan.

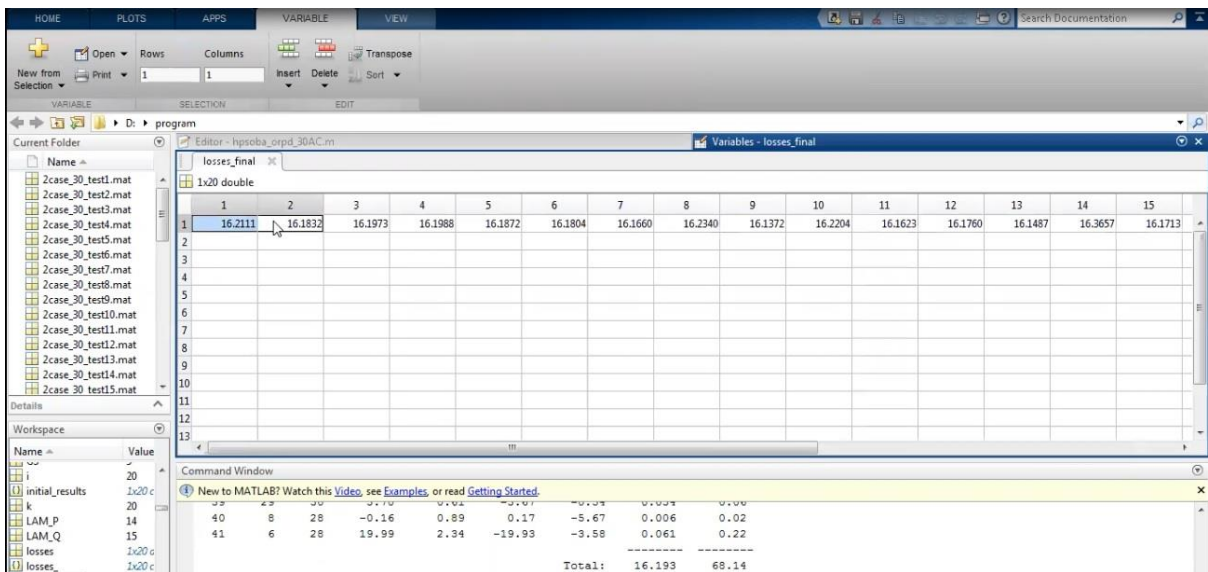
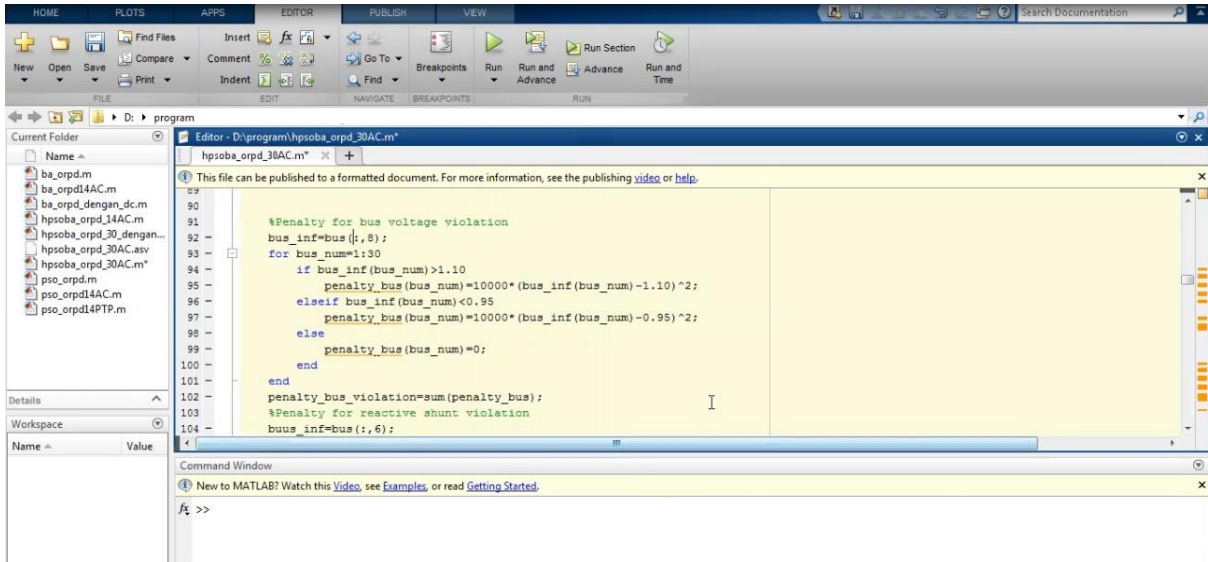
# DOKUMENTASI PENGUJIAN PROGRAM



```
40 % Initialize frequency
41 Freq=zeros(N,1); % Frequency;
42 % Initialize solutions/locations
43 Sol=[unifrnd(0.95,1.10,N,6),unifrnd(0.90,1.10,N,4),unifrnd(0,0.20,N,2)];
44
45 % Initialize pulse rate
46 r=(rand(N,1).*(r_max-r_min))+r_min;
47 % Initialize loudness
48 A=(rand(N,1).*(A_max-A_min))+A_min;
49
50 for i=1:N
51     v1=Sol(1,i); %v1
52     bus(1,8)=v1; %Vm, column 8 is voltage magnitude (p.u.)
53     gen(1,6)=v1; %Vg, column 6 is voltage magnitude setpoint (p.u.)
54     v2=Sol(1,2); %v2 is voltage magnitude setpoint (p.u.)
```



```
70 branch(11,9)=t1;
71 t2=Sol(1,8); %tp2 6-10
72 branch(12,9)=t2;
73 t3=Sol(1,9); %tp3 4-12
74 branch(15,9)=t3;
75 t4=Sol(1,10); %tp4 27-28
76 branch(36,9)=t4;
77 qc10=Sol(1,11); %Shunt capacitor 10, column 6 is BS
78 bus(10,6)=qc10;
79 qc24=Sol(1,12); %Shunt capacitor 10, column 6 is BS
80 bus(24,6)=qc24;
81
82
83 casefile = sprintf('2case_30_test%d.mat', i);
84 savecase(casefile, baseMVA, bus, gen, branch);
```



## KONTRIBUSI/KERJASAMA MITRA

Pada tahun 2021, peneliti intens melakukan diskusi terkait penelitian dengan mitra (Bpk. Erwin, S.T. – PLN) secara online dan mitra banyak berkontribusi dalam pembuatan luaran wajib, yaitu hak cipta sesuai di lampiran Surat Pencatatan Hak Cipta seperti berikut:

### LAMPIRAN PENCIPTA

No	Nama	Alamat
1	Ardiaty Arief, ST., MTM., Ph.D.	Jl. Sunu Komp. UNHAS Blok E 12 A
2	Ir. Muhammad Bachtiar Nappu, ST., MT., M.Phil., Ph.D.	Jl. Sunu Komp. UNHAS Blok E 12 A
3	Erwin, S.T.	Komplek Pondok Tirta Mandala Blok E No 2 Kecamatan Cilodong



Kemudian pada tahun 2022, peneliti tetap melakukan kolaborasi dengan mitra dan menulis sebuah makalah dengan judul “Optimal capacitor placement in a dominant induction motor loads power system” yang akan telah dipresentasikan pada 7th International Conference on Advances on Clean Energy Research, ICACER 2022, April 20-22, 2022, Barcelona, Spain (Virtual conference).

7th International Conference on Advances on Clean Energy Research, ICACER 2022  
April 20-22, 2022, Barcelona, Spain

### Optimal capacitor placement in a dominant induction motor loads power system

Ardiaty Arief<sup>a,b,\*</sup>, Muhammad Bachtiar Nappu<sup>a,b</sup>, Syahrul Mustafa<sup>c</sup>, Erwin<sup>d</sup> and  
Sarma Thaha<sup>e</sup>

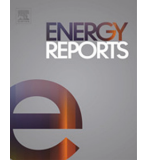
<sup>a</sup>Centre for Research and Development on Energy and Electricity, Hasanuddin University, Makassar 90245, Indonesia

<sup>b</sup>Power and Energy Systems Research Group, Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering, Hasanuddin University, Gowa 92119, Indonesia

<sup>c</sup>Department of Electrical Engineering, Bosowa Polytechnic, Makassar 90241, Indonesia

<sup>d</sup>PT. PLN. (Persero) Education and Training Center (Indonesian State Electricity Company), South Jakarta 12550, Indonesia

<sup>e</sup>Department of Electrical Engineering, State Polytechnic of Ujung Pandang, Makassar 90245, Indonesia



7th International Conference on Advances on Clean Energy Research, ICACER 2022 April 20–22, 2022, Barcelona, Spain

# Optimal capacitor placement in a dominant induction motor loads power system

Ardiaty Arief<sup>a,b,\*</sup>, Muhammad Bachtiar Nappu<sup>a,b</sup>, Syahrul Mustafa<sup>c</sup>, Erwin<sup>d</sup>, Sarma Thaha<sup>e</sup>

<sup>a</sup> Centre for Research and Development on Energy and Electricity, Hasanuddin University, Makassar 90245, Indonesia

<sup>b</sup> Power and Energy Systems Research Group, Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering, Hasanuddin University, Gowa 92119, Indonesia

<sup>c</sup> Department of Electrical Engineering, Bosowa Polytechnic, Makassar 90241, Indonesia

<sup>d</sup> PT. PLN. (Persero) Education and Training Center (Indonesian State Electricity Company), South Jakarta 12550, Indonesia

<sup>e</sup> Department of Electrical Engineering, State Polytechnic of Ujung Pandang, Makassar 90245, Indonesia

Received 6 October 2022; accepted 9 October 2022

Available online 31 October 2022

## Abstract

The challenge of optimal capacitor allocation is one of the complex problems in power systems, especially in large industries since they have many big capacity induction motors. In the literature, many works have been delivered for optimal capacitor placement, however, these works were simulated in a distribution network, not in an industry network with many large capacity induction motors. Therefore, this work proposes the optimal allocation of capacitors in a large industry with a significant amount of induction motor loads to minimize network losses. To determine the optimal capacitor location, this research uses the genetic algorithm (GA) method. This algorithm is interesting because of its simplicity and ability to discover optimal solutions comprehensively.

© 2022 The Author(s). Published by Elsevier Ltd. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Peer-review under responsibility of the scientific committee of the 7th International Conference on Advances on Clean Energy Research, ICACER, 2022.

**Keywords:** Optimal capacitor placement; Genetic algorithm; Network losses; Voltage stability

## 1. Introduction

Excessive reactive power demands, especially from large industries with significant motor loads, have led to reduced system capacity, lower voltage, higher system losses, and ultimately operating costs become higher. The optimal placement of capacitors is one of the most imperative matters related to electricity distribution network planning. Installation of capacitors in the distribution system is done to improve voltage regulation [1], improve power factors, improve voltage stability [2], and minimizing energy cost [3]. Especially during peak loads, the

\* Corresponding author at: Power and Energy Systems Research Group, Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering, Hasanuddin University, Gowa 92119, Indonesia.

E-mail address: [ardiaty@eng.unhas.ac.id](mailto:ardiaty@eng.unhas.ac.id) (A. Arief).

<https://doi.org/10.1016/j.egy.2022.10.254>

2352-4847/© 2022 The Author(s). Published by Elsevier Ltd. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Peer-review under responsibility of the scientific committee of the 7th International Conference on Advances on Clean Energy Research, ICACER, 2022.

reactive power required by the load increases and may be greater than that generated by the system. One way that can be done to supply reactive power in distribution systems is by providing reactive power into the grid. Additional reactive power can be in the form of additional capacitor banks at the most sensitive points in the system.

The problem of optimal capacitor allocation is complex. This problem consists of determining the placement and dimensions of each capacitor unit and its configuration in the distribution grid with the aim of optimizing the voltage profile and minimizing network losses. Like many other problems in electricity distribution network planning, the allocation of capacitor banks is characterized by high complexity in finding optimal solutions. Furthermore, optimal capacitor placement becomes more important and challenging in large industries. One of the major industries in Indonesia is the Bosowa cement industry. The Bosowa cement industry has power quality problems in its electricity system. This is because the Bosowa cement industry has many large capacity induction motors for its production process.

In the literature, many methods have been developed for optimal capacitor placement. However, these research were simulated in a radial distribution network, not in an industry network with many large capacity induction motors. Table 1 summarizes some of the recent works on capacitor placement with its method and case study system.

**Table 1.** Recent research on optimal capacitor placement.

Method	Systems	Ref.
Fuzzy Expert System	Gondar feeder in Gondar, Ethiopia	[4]
Modified Affine Arithmetic Division	15, 33, and 118 bus radial distribution systems	[5]
Flower Pollination Algorithm	33, 34, 69, and 85 bus radial distribution systems	[6]
Genetic Algorithm	380 kV West–East transmission line inter-tie networks, Saudi Arabia	[7]
Symbiosis Organism Search and Neural Network	33, and 69-bus networks	[8]
Shark Smell Optimization Algorithm	IEEE 34-bus and 118-bus radial distribution systems	[9]
Particle Swarm Optimization	IEEE 16-bus system with wind generator	[10]

Therefore, in this study, an optimization study is done to decide the location and optimal size of capacitors in an industry with many induction motors to minimize voltage drops and system power losses. As industry is used as a case study, hence the proportion of induction motor loads is significantly larger than the usual distribution network. The proposed method in this study is the genetic algorithm (GA) method. The reason for using the GA method is because of the key features of GA being able to survey numerous parts of the search space with a fairly concise calculation time. With a stochastic search approach, they can reconnoiter various areas of search space concurrently and therefore are less likely to end with a local minimum. In addition, various complex objectives can be easily incorporated. Furthermore, in several previous works, GA was more correct in solving the problem of capacitor allocation in the distribution network [7].

## 2. Problem formulations

### 2.1. Constraints

In this study, the optimal conditions are set as follows:

- Power balance constraint: This limitation is useful to limit the injected power of the capacitors into the system does not exceed the reactive load on the system.

$$\sum_{k=1}^{nc} Q_k^C \leq 0.8 * \sum_{k=2}^n Q_k \tag{1}$$

- Capacity limit constraints: This constraint confines the reactive power to be injected into the system is limited to up to 1 MVAR for each step.

$$Q_{k,min}^C \leq Q_k^C \leq Q_{k,max}^C \tag{2}$$

- Voltage constraints: Voltage constraints are defined to ensure the voltage on each bus to meet the requirements which are between 0.95 p.u. to 1.05 p.u.

$$|V_1 - V_k| \leq \Delta V_{max} \tag{3}$$

### 2.2. Objective function

The objective function of this study is to optimize the difference between initial power losses and power losses after capacitor installation. Maximizing the difference is the same as minimizing the power losses generated after the installation of capacitor banks. The objective function of this study is as follow

$$\text{Maximize } F = \max(\Delta P_L^C) = \max(P_{T.Loss} - P_{T,loss}^C) \tag{4}$$

### 3. Proposed methodology: Genetic algorithm (GA)

Genetic algorithm (GA) was initially developed by John Holland and it is an optimization procedure that utilizes the natural selection process known as the evolutionary process [11,12]. In the process of evolution, individuals continue to experience gene changes in order to adapt to their environment. GA is used to determine the most optimal function value. By using the principle of evolution that exists in nature, GA uses the same terms as the scientific selection process that exists in nature. Diversity in biological evolution is chromosome variation between individual organisms. Variations in chromosomes will affect the rate of reproduction and the level of the organism’s ability to stay alive. GA works with individual populations, each of which presents possible solutions to the problems encountered. In this connection, the individual is symbolized by the value of fitness that will be employed to discover the best solution for the problem at hand. To examine the results of optimization, a fitness function is needed, which signifies the encoded result (solution).

A genetic algorithm is used to resolve the location and optimal size of the capacitor. The fitness function in this proposed method is minimizing power losses. In determining the capacitors’ location and size, 50 testing steps were carried out in each simulation. The parameters of the genetic algorithm used are population, maximum generation, crossing over, and mutation opportunities. The steps for the placement and size optimization simulation of the genetic algorithm will be shown by the flowchart in Fig. 1.

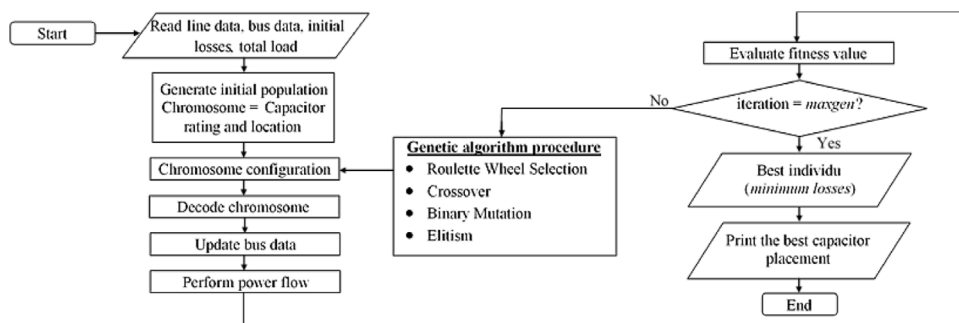


Fig. 1. Flowchart of capacitor placement with genetic algorithm.

The procedure for determining the location and size of the capacitor with the GA can be explained as follows:

1. Form the initial population (chromosome) representing  $nx$  variables (capacitor size at the  $x$  distribution substation locations).
2. Assess the fitness value of each chromosome by evaluating the objective function (minimum losses).
3. In each generation, the chromosomes are sorted according to their fitness value. By using an elitist strategy, if the lowest individual fitness value is smaller than the highest fitness value in the previous iteration, the individual with the lowest fitness value in a generation is replaced with the individual with the highest fitness value in the previous iteration.
4. Repeat Step 3 until the maximum amount of generations is attained.

### 4. Results and analysis

The proposed methodology was implemented in the Bosowa cement industry electricity network that has many large capacity induction motors. The load was modeled with a low power factor as induction motors. The single-line diagram of the case study can be seen in Fig. 2. In this study, 50 steps were performed to calculate the optimal capacitor location and size where the maximum capacitor capacity is set at 1 MVAR for each iteration. The use of decentralized capacitors with small capacities is better than using 1 capacitor with large capacities in one location. In addition, the use of capacitors that are too large can cause over-voltage on certain buses. Fig. 3 shows the results of the optimal placement and accumulative capacitor size for each bus using GA in the case study.

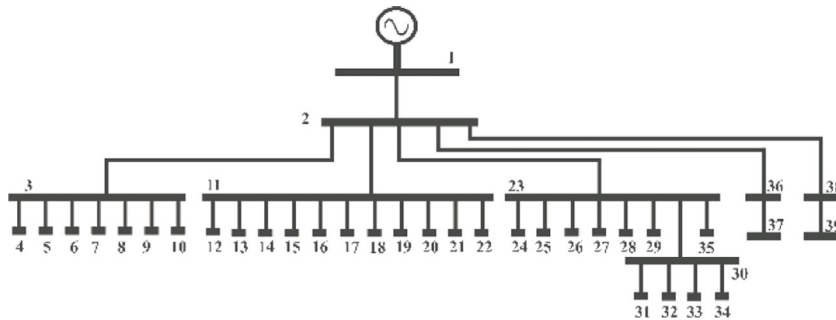


Fig. 2. Single line diagram of Bosowa cement industry electricity network [13].

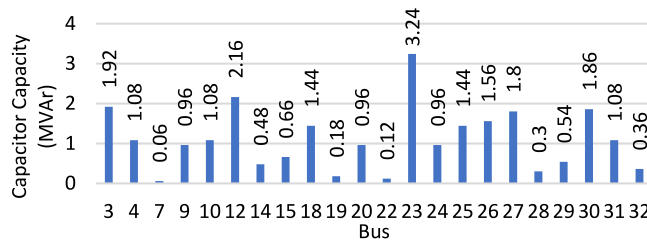


Fig. 3. Results for optimal location and accumulative size of capacitors using GA.

Fig. 4 shows the voltage profile of the provisional case study for before and after capacitor placement while Fig. 5 informs the total active and reactive power losses for before and after capacitor placement as well. For initial conditions, as can be seen in Fig. 4, there are several buses that experience under-voltage situations, namely buses 30–34. After the placement of the capacitors, the system’s voltage profile can return to its stability limit. Likewise, by placing these capacitors, active and reactive power losses can be reduced. Active power losses decreased from 1122 kW to 926 kW and reactive power losses decreased from 1308 kVAR to 1095 kVAR.

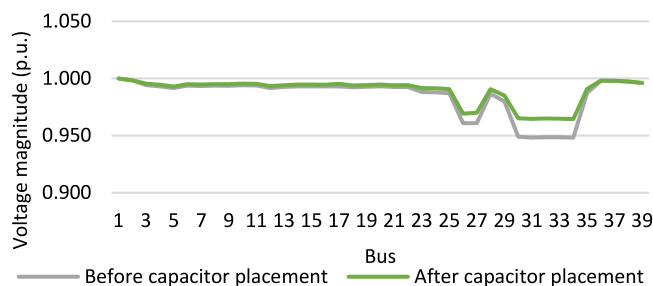


Fig. 4. Voltage profile for before and after capacitor placement with GA.

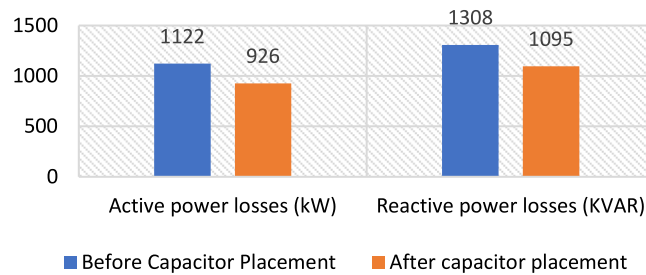


Fig. 5. Active and reactive power losses for before and after capacitor placement using GA.

## 5. Conclusions

This paper presents optimal capacitor allocation in large industries using the genetic algorithm (GA) method. The developed method was implemented in a real large industrial power grid with a large number of large capacity induction motors. The capacitor capacity for each step is regulated in small quantities to ensure optimal size and to avoid excessive voltage on certain buses. The proposed method can effectively calculate the optimal size and location of capacitors in industrial networks with many large induction motors and can increase the system's voltage profile and lessen network losses.

## Declaration of competing interest

The authors declare that they have no known competing financial interests or personal relationships that could have appeared to influence the work reported in this paper.

## Data availability

The data that has been used is confidential.

## Acknowledgment

A. Arief and M.B. Nappu gratefully acknowledge the Indonesian Ministry of Education, Culture, Research and Technology for providing the research grant and support in this work.

## References

- [1] Aryanezhad Majid. Management and coordination of LTC, SVR, shunt capacitor and energy storage with high PV penetration in power distribution system for voltage regulation and power loss minimization. *Int J Electr Power Energy Syst* 2018;100:178–92.
- [2] Arief Ardiaty, Nappu Muhammad Bachtiar, Antamil. Analytical method for reactive power compensators allocation. *Int J Technol* 2018;9(3):602–12. <http://dx.doi.org/10.14716/ijtech.v9i3.913>.
- [3] Selim Ali, Kamel Salah, Jurado Francisco. Capacitors allocation in distribution systems using a hybrid formulation based on analytical and two metaheuristic optimization techniques. *Comput Electr Eng* 2020;85:106675.
- [4] Addisu Molla, Salau Ayodeji Olalekan, Takele Haymanot. Fuzzy logic based optimal placement of voltage regulators and capacitors for distribution systems efficiency improvement. *Heliyon* 2021;7(8):e07848.
- [5] Adusumilli Bala Surendra, Raj Vinod, Adusumilli Vijaya Bhaskar. Capacitor placement and sizing to minimize losses in a radial distribution network considering uncertainty using modified affine arithmetic division. *Sustain Energy Grids Netw* 2021;27:100492.
- [6] Tamilselvan V, Jayabarathi T, Raghunathan T, Yang Xin-She. Optimal capacitor placement in radial distribution systems using flower pollination algorithm. *Alex Eng J* 2018;57(4):2775–86.
- [7] Shwehdi MH, Raja Mohamed S, Devaraj D. Optimal capacitor placement on west–east inter-tie in Saudi Arabia using genetic algorithm. *Comput Electr Eng* 2018;68:156–69.
- [8] Nguyen Tri Phuoc, Nguyen Thi Anh, Phan Thang Van-Hong, Vo Dieu Ngoc. A comprehensive analysis for multi-objective distributed generations and capacitor banks placement in radial distribution networks using hybrid neural network algorithm. *Knowl-Based Syst* 2021;231:107387.
- [9] Gnanasekaran N, Chandramohan P, Sathish Kumar S, Mohamed Imran A. Optimal placement of capacitors in radial distribution system using shark smell optimization algorithm. *Ain Shams Eng J* 2016;7(2):907–16.
- [10] Ramadan HS, Bendary AF, Nagy S. Particle swarm optimization algorithm for capacitor allocation problem in distribution systems with wind turbine generators. *Int J Electr Power Energy Syst* 2017;84:143–52.

- [11] Holland John H. Genetic algorithms. *Sci Am* 1992;267(1):66–73, 1992.
- [12] Soma Gian Giuseppe. Optimal sizing and placement of capacitor banks in distribution networks using a genetic algorithm. *Electricity* 2021;2(2):187–204.
- [13] Mustafa Syahrul. Optimal capacitor placement and economic analysis reactive power compensation to improve system's efficiency at Bosowa cement industry. Makassar: Department of Electrical Engineering, Hasanuddin University; 2018.