

**ANALISIS PENGARUH TEKANAN GAS SF6 TERHADAP LAJU BUSUR
LISTRIK PADA PMT BAY PENGHANTAR 150 KV BANDUNG UTARA#2
DI GARDU INDUK DAGO PAKAR**

SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi syarat memperoleh gelar Sarjana Teknik Elektro
Program Studi S1 Teknik Elektro



Oleh:

Endry Listianto Miran

E.5051.1807827

**PROGRAM STUDI S1 TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS PENDIDIKAN TEKNOLOGI DAN KEJURUAN
UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA**

2023

**ANALISIS PENGARUH TEKANAN GAS SF6 TERHADAP LAJU BUSUR
LISTRIK PADA PMT BAY PENGHANTAR 150 KV BANDUNG UTARA#2
DI GARDU INDUK DAGO PAKAR**

Disusun oleh:
Endry Listianto Miran

Sebuah skripsi yang diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Sarjana Teknik Elektro pada Program Studi S1 Teknik Elektro

© Endry Listianto Miran
Universitas Pendidikan Indonesia
Agustus 2023

Hak Cipta dilindungi Undang-Undang,
Skripsi ini tidak boleh diperbanyak seluruhnya atau sebagian,
Dengan dicetak ulang, di *fotocopy*, atau cara lain tanpa izin dari penulis.

LEMBAR PENGESAHAN

Endry Listianto Miran

E.5051.1807827

**ANALISIS PENGARUH TEKANAN GAS SF6 TERHADAP LAJU BUSUR
LISTRIK PADA PMT BAY PENGHANTAR 150 KV BANDUNG UTARA#2
DI GARDU INDUK DAGO PAKAR**

Disetujui dan disahkan oleh pembimbing:

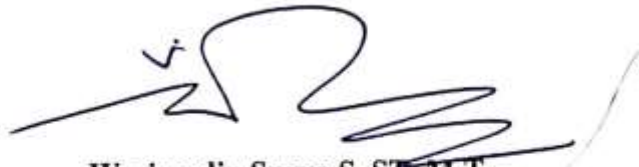
Dosen Pembimbing I



Dr. H. Bambang Trisno, M.SIE.

NIP. 19610309 198610 1 001

Dosen Pembimbing II



Wasimudin Surya S, ST, M.T.

NIP. 19700808 199702 1 001

Mengetahui,

Ketua Prodi Teknik Elektro



Iwan Kustiawan, S.Pd., M.T., Ph.D

NIP. 19770908 200312 1 002

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul **“ANALISIS PENGARUH TEKANAN GAS SF6 TERHADAP LAJU BUSUR LISTRIK PADA PMT BAY PENGHANTAR 150 KV BANDUNG UTARA#2 DI GARDU INDUK DAGO PAKAR”** ini beserta seluruh isinya adalah benar-benar karya saya sendiri. Saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan dengan cara-cara yang tidak sesuai dengan etika ilmu yang berlaku dalam masyarakat keilmuan. Atas pernyataan ini, saya siap menanggung risiko atau sanksi apabila di kemudian hari ditemukan adanya pelanggaran etika keilmuan atau ada klaim dari pihak lain terhadap keaslian karya saya ini.

Bandung, 11 Agustus 2023

Yang Menyatakan,

Endry Listianto Miran

NIM.1807827

UCAPAN TERIMA KASIH

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas segala rahmat dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“ANALISIS PENGARUH TEKANAN GAS SF6 TERHADAP LAJU BUSUR LISTRIK PADA PMT BAY PENGHANTAR 150 KV BANDUNG UTARA#2 DI GARDU INDUK DAGO PAKAR”**. Penyusunan skripsi ini dibuat sebagai bentuk pemenuhan syarat untuk meraih gelar Sarjana Teknik di Universitas Pendidikan Indonesia, Fakultas Pendidikan Teknologi dan Kejuruan, Program Studi S1 Teknik Elektro.

Penulis sadar bahwa dalam penyusunan skripsi ini banyak hambatan serta tantangan yang dihadapi, namun pada akhirnya berkat bimbingan, diskusi, konsultasi, dukungan serta do'a dari berbagai pihak secara langsung maupun tidak langsung memberikan semangat dan kelancaran bagi penulis. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada pihak-pihak yang telah mendukung penulis dari segi pemikiran, tenaga, dan materi untuk terselesaikannya skripsi ini. Penulis ingin mengucapkan terimakasih kepada:

1. Bapak Agus Miran dan Ibu Sulis Irianti selaku orang tua penulis yang senantiasa memberikan dukungan dalam bentuk doa, moral serta materil selama menjalani masa kuliah terkhusus dalam penyusunan skripsi ini.
2. PT. PLN (PERSERO) UIT JBT UPT Bandung Gardu Induk Dagopakar yang telah memfasilitasi selama proses penyusunan skripsi.
3. Bapak Iroqdoni Bush R.P. selaku Supervisi PT. PLN (Persero) UIT JBT UPT Bandung Gardu Induk Dagopakar.
4. Bapak Sani Alamsyah selaku pembimbing lapangan dan juga selaku JARGDI Gardu Induk Dagopakar.
5. Bapak Iwan Kustiawan, S.Pd.,M.T., Ph.D selaku Ketua Program Studi S1 Teknik Elektro.
6. Bapak Wawan Purnama, S.Pd., M.Si. selaku dosen wali.
7. Bapak Dr. H. Bambang Trisno, MSIE.,selaku dosen pembimbing I yang selama penyusunan skripsi telah memberikan keluasaan waktu, ilmu dan wawasan dalam membimbing penulis sehingga dapat menyelesaikan penyusunan skripsi ini.

8. Bapak Wasimudin Surya S, ST, M.T. selaku dosen pembimbing II yang selama penyusunan skripsi telah memberikan keluasaan waktu, ilmu dan wawasan dalam membimbing penulis sehingga dapat menyelesaikan penyusunan skripsi ini.
9. Israj Muhammad Hakim, Fallih Nurhaqqy, Rama Harsantio, Faishal Muhammad S, Iqbal Abdillah, dan teman-teman Teknik Elektro UPI terutama TE-03 yang telah mendukung penulis untuk menyelesaikan penyusunan skripsi.
10. Himpunan Mahasiswa Elektro yang telah membentuk dan menjadikan penulis menjadi orang yang bertanggung jawab dalam menjalankan segala hal dalam melakukan apapun terkhusus dalam menyelesaikan skripsi ini.
11. Hasna Putri Utami sebagai bunga dan teman dekat penulis yang selalu mendengarkan, menemani, memahami dan memberikan dukungan, semangat dan kebahagiaan kepada penulis selama proses perkuliahan sampai menyelesaikan skripsi ini.
12. Dan seluruh pihak yang telah membantu penulis dalam penyusunan skripsi yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Terlepas dari semua itu, penulis menyadari sepenuhnya bahwa masih ada kekurangan dalam skripsi ini. Oleh karena itu dengan kerendahan hati penulis menerima segala saran dan kritik yang sifatnya membangun. Akhir kata semoga amal baik semua pihak yang telah membantu penulis mendapatkan balasan dari Allah SWT dan semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat untuk penelitian lebih lanjut.

Bandung, 11 Agustus 2023

Yang Menyatakan,

Endry Listianto Miran

NIM.1807827

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dampak adanya perubahan tekanan gas SF₆ terhadap laju busur listrik pada *Circuit Breaker* (PMT) bay penghantar 150 kV Bandung Utara #2 di Gardu Induk Dago Pakar. Busur listrik yang muncul saat terjadi pemutusan PMT dapat menyebabkan kerusakan pada peralatan itu sendiri, sehingga gas SF₆ digunakan sebagai media isolasi pada PMT untuk mengurangi proses busur listrik. Analisis dilakukan untuk mengetahui besarnya arus gangguan hubung singkat yang dapat terjadi pada Gardu Induk dan perhitungan laju busur listrik terhadap tekanan gas SF₆ pada PMT. Hasil analisis menunjukkan bahwa arus gangguan 3 fasa pada sisi 20 kV mencapai nilai tertinggi pada jarak 25% penyulang, dengan nilai arus mencapai 13796,69 Ampere. Menurut hasil ini, indikator tekanan gas SF₆ 5,1 bar, 5,4 bar, 6,1 bar, dan 6,4 bar pada *Circuit Breaker* (PMT) menunjukkan kemampuan untuk menghentikan busur listrik pada kecepatan 1158,36 cm/s, 1075,62 cm/s, 882,56 cm/s, dan 799,82 cm/s. Hal ini menunjukkan bahwa laju busur listrik yang terjadi pada waktu pemutusan dipengaruhi oleh tekanan gas SF₆. Semakin tinggi tekanan gas SF₆ pada *Circuit Breaker* (PMT), semakin rendah laju busur listrik. Penelitian ini memberikan wawasan tentang perilaku arus gangguan dan dampak tekanan gas SF₆ terhadap sistem *Circuit Breaker* (PMT) pada berbagai kondisi. Temuan ini dapat digunakan untuk mengoptimalkan desain dan operasi PMT dalam rangka memastikan kehandalan sistem tenaga listrik.

Kata kunci: busur listrik, gardu induk, gas SF₆, hubung singkat, PMT

ABSTRACT

This study aims to analyze the impact of varying SF6 gas pressure on the rate of electric arcing in the Circuit Breaker (PMT) bay of the 150 kV North Bandung #2 conductor at the Dago Pakar Substation. The electric arc that emerges during PMT disconnection can lead to equipment damage, prompting the use of SF6 gas as an insulating medium within the PMT to mitigate the electric arcing process. An analysis is conducted to ascertain the magnitude of potential short-circuit fault currents at the Substation and to calculate the electric arc rate concerning the SF6 gas pressure within the PMT. The analysis results indicate that the 3-phase fault current on the 20 kV side reaches its highest value at a distance of 25% from the feeder, with a current value of 13796.69 Amperes. Based on these results, the SF6 gas pressure indicators of 5.1 bar, 5.4 bar, 6.1 bar, and 6.4 bar in the Circuit Breaker (PMT) show the capability to extinguish electric arcs at rates of 1158,36 cm/s, 1075.62 cm/s, 882.56 cm/s, and 799.82 cm/s, respectively. This illustrates that the electric arc rate occurring during disconnection is influenced by the SF6 gas pressure. The higher the SF6 gas pressure in the Circuit Breaker (PMT), the lower the electric arc rate. This study provides insights into the behavior of fault currents and the impact of SF6 gas pressure on the Circuit Breaker (PMT) system under various conditions. These findings can be employed to optimize the design and operation of PMT, ensuring the reliability of the power system.

Keywords: *electric arcing, substation, SF6 gas, short-circuit, PMT*

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	Error! Bookmark not defined.
PERNYATAAN.....	i
UCAPAN TERIMA KASIH.....	iii
ABSTRAK.....	v
<i>ABSTRACT</i>	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR	x
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah Penelitian.....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian	4
1.5 Struktur Organisasi Penulisan Skripsi	4
BAB II KAJIAN PUSTAKA	6
2.1 Gardu Induk.....	6
2.1.1 Pengertian Gardu Induk	6
2.1.2 Fungsi Gardu Induk	6
2.2 Pemutus Tenaga (PMT).....	7
2.2.1 Pengertian Pemutus Tenaga (PMT).....	7
2.2.2 Klasifikasi Pemutus Tenaga (PMT).....	7
2.2.3 Komponen – Komponen pada PMT	12
2.2.4 Mekanisme Kerja Pemutus Tenaga (PMT).....	15
2.3 Gas SF ₆	15

2.3.1 Karakteristik/Sifat Gas SF6	16
2.3.2 Pemeriksaan Tekanan/Kerapatan Gas SF6	17
2.3.3 Pemeriksaan Kebocoran.....	20
2.3.4 Penambahan Tekanan Gas SF6.....	21
2.3.5 Dampak Gas Sf6	21
2.4 Proses Terjadinya Busur Listrik	22
2.5 Gangguan Hubung Singkat.....	23
2.5.1 Perhitungan Arus Gangguan Hubung Singkat	25
2.6 Penelitian yang Relevan.....	32
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	34
3.1 Alur Penelitian	34
3.2 Lokasi Penelitian	36
3.3 Metode Pengumpulan Data	37
3.4 Data Penunjang Penelitian.....	37
3.4.1 Data Spesifikasi Pemutus Tenaga (PMT) Bay Penghantar Bandung Utara 2.....	37
3.4.2 Data Spesifikasi Transformator Daya 2.....	38
3.4.3 Data Penyulang Bandung Utara 2.....	38
3.5 Perangkat Penunjang Penelitian	39
3.6 Metode Pengolahan Data.....	39
3.6.1 Gangguan Hubung Singkat.....	41
3.6.2 Kecepatan Busur Listrik	50
3.7 Metode Analisis Data	53
BAB IV TEMUAN DAN PEMBAHASAN	54
4.1 Temuan Hasil Penelitian.....	54
4.2 Pembahasan Penelitian	56

4.2.1 Arus Gangguan Hubung Singkat	56
4.2.2 Laju Busur Listrik	57
4.2.3 Faktor-Faktor Yang Dapat Mempengaruhi Adanya Perubahan Tekanan Gas SF6 pada PMT	58
4.2.4 Diskusi	58
BAB V SIMPULAN, IMPLIKASI DAN REKOMENDASI	60
5.1 Simpulan	60
5.2 Implikasi	61
5.3 Rekomendasi	62
DAFTAR PUSTAKA	63
LAMPIRAN	65

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Konversi Satuan Tekanan	18
Tabel 3. 1 Spesifikasi PMT 150 kV Bandung Utara 2.....	37
Tabel 3. 2 Spesifikasi Transformator Daya 2.....	38
Tabel 3. 3 Spesifikasi penyulang Bandung Utara 2	38
Tabel 3. 4 Data Teknis penghantar AAAC (SPLN 64, 1985).....	43
Tabel 3. 5 Perbandingan kecepatan busur listrik terhadap tekanan	50
Tabel 4. 1 Data Hasil Perhitungan Arus Gangguan Hubung Singkat	54
Tabel 4. 2 Data Hasil Perhitungan Laju Busur Listrik.....	54

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 PMT berdasarkan besar tegangan	8
Gambar 2. 2 PMT <i>single pole</i>	8
Gambar 2. 3 PMT <i>three pole</i>	9
Gambar 2. 4 PMT dengan media udara hembus (<i>Air Blast</i>)	9
Gambar 2. 5 PMT dengan media hampa udara (<i>Vacuum</i>).....	10
Gambar 2. 6 PMT dengan media gas SF ₆ (<i>Sulfur HexaFluorida</i>)	10
Gambar 2. 7 PMT dengan media minyak	11
Gambar 2. 8 <i>Interrupter</i>	12
Gambar 2. 9 Terminal utama	13
Gambar 2. 10 Isolator ruang pemutus dan isolator penyangga.....	13
Gambar 2. 11 Lemari kontrol PMT	14
Gambar 2. 12 Tekanan absolut SF ₆ jenuh	16
Gambar 2. 13 Tegangan gangguan SF ₆ dan Udara terhadap Tekanan Mutlak	17
Gambar 2. 14 Alat ukur yang digunakan untuk pemeriksaan tekanan gas	18
Gambar 2. 15 Gas bertekanan yang dipasang pada PMT	19
Gambar 2. 16 Meter ketebalan yang dipasang pada PMT	19
Gambar 2. 17 Pembentukan busur listrik.....	22
Gambar 3. 1 Diagram Alur Penelitian.....	34
Gambar 3. 2 Gardu Induk Dago Pakar.....	36
Gambar 3. 3 Diagram Alir Pengolahan Data	40
Gambar 3. 4 Impedansi pada trafo tenaga.....	41
Gambar 4. 1 Grafik Pengaruh Tekanan Gas SF ₆ Terhadap Laju Busur Listrik (Arus Gangguan 3 Fasa).....	55
Gambar 4. 2 Grafik Pengaruh Tekanan Gas SF ₆ Terhadap Laju Busur Listrik (Arus Gangguan 2 Fasa).....	55
Gambar 4. 3 Grafik Pengaruh Tekanan Gas SF ₆ Terhadap Laju Busur Listrik (Arus Gangguan 1 Fasa ke Tanah).....	55
Gambar 4. 4 Grafik Perbandingan Kecepatan Busur Listrik (F.Y. Chu, 1981)....	56