

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN TIM PEMBIMBING.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN TIM PENGUJI	iii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI.....	iv
PRAKATA.....	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN	xii
ABSTRAK	xiv
ABSTRACT.....	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Batasan Penelitian	4
1.4 Tujuan Penelitian	4
1.5 Keaslian dan Kontribusi Penelitian.....	5
1.6 Manfaat Penelitian	7
1.7 Sistematika Penulisan	8
BAB II Tinjauan Pustaka dan Dasar Teori	9
2.1 Tinjauan Pustaka.....	9
2.2 Dasar Teori.....	10
2.2.1 Konsep Dasar High Voltage Direct Current (HVDC)	10
2.2.1.1 Teknologi Voltage Source Converter (VSC)	12
2.2.1.2 Sistem Multi-Terminal DC	13
2.2.2 Karakteristik Gangguan pada Sistem DC	15
2.2.2.1 Jenis-Jenis Gangguan DC	15
2.2.2.2 Dinamika Transien Gangguan DC	16
2.2.2.3 Dampak Gangguan pada Sistem Multi-Terminal	16
2.2.2.4 Gangguan <i>Time-Critical</i> dan <i>Non-Time-Critical</i> pada Sistem HVDC Multi-Terminal	17
2.2.3 Metode deteksi HVDC Berdasarkan Literatur	18
2.2.3.1 Klasifikasi Metode Proteksi DC	18
2.2.3.2 Proteksi Berbasis STFT	19
2.2.3.3 Proteksi Berbasis Derivative	19
2.2.3.4 Proteksi Berbasis Impedansi	20
2.2.3.5 Keterbatasan Metode Deteksi dan Kesenjangan Penelitian	20
2.3 Pertanyaan Penelitian.....	21

2.4	Hipotesis.....	21
BAB III	METODE PENELITIAN	23
3.1	Deskripsi Sistem VSC–MTDC.....	23
3.2	Tujuan dan Kerangka Metodologi.....	25
3.3	Bahan dan Alat Penelitian.....	26
3.4	Arsitektur Umum Metode deteksi Hybrid.....	26
3.5	Tahapan Penelitian.....	29
3.6	Skenario Gangguan dan Variasi Pengujian.....	30
3.7	Pra-pemrosesan Data.....	31
3.8	Indikator deteksi.....	31
3.8.1	Indikator Short-Time Fourier Transform (STFT).....	32
3.8.2	Indikator Turunan Kedua Arus (Derivative/D2).....	33
3.8.3	Indikator Impedansi.....	34
3.9	Estimasi Waktu Kejadian Gangguan.....	35
3.10	Mekanisme deteksi Hybrid.....	35
3.10.1	Gagasan Utama: Deteksi Cepat dan Analisis Paralel.....	36
3.10.2	Definisi Waktu: t_{fault} dan t_{det}	36
3.10.3	Langkah 1: Trigger Gangguan Menggunakan STFT (Anchor Time).....	37
3.10.4	Langkah 2: Ekstraksi Fitur Perubahan (Delta Feature) di Sekitar t_{fault}	37
3.10.5	Langkah 3: Normalisasi Antar-Terminal dan Pembentukan DeltaScore.....	38
3.10.6	Langkah 4: Penguncian Terminal Referensi (Reference Locking).....	38
3.10.7	Langkah 5: Klasifikasi Internal/Eksternal Berbasis Dominansi Impedansi.....	38
3.10.8	Langkah 6: Penilaian Confidence Keputusan Hybrid.....	39
3.10.9	Ringkasan Alur Keputusan Hybrid.....	40
BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN.....	41
4.1	Gambaran Umum Pengujian.....	41
4.2	Hasil Pengujian Gangguan Pole-to-Ground (PG).....	41
4.2.1	Gangguan PG Tanpa Noise.....	41
4.2.1.1	Respon Fisik Tegangan dan Arus Terminal.....	41
4.2.1.2	Respon Indikator STFT.....	42
4.2.1.3	Respon Indikator Turunan Kedua Arus (D2).....	43
4.2.1.4	Respon Indikator Impedansi.....	44
4.2.1.5	Keputusan Metode Hybrid.....	46
4.2.1.6	Ringkasan Hasil Kuantitatif.....	47
4.2.2	Gangguan Pole-to-Ground (PG) dengan Variasi Noise pada VSC6.....	48
4.2.2.1	Respon Fisik Tegangan dan Arus Terminal.....	48
4.2.2.2	Respon Indikator STFT.....	49
4.2.2.3	Respon Indikator Turunan Kedua Arus (D2).....	51
4.2.2.4	Respon Indikator Impedansi.....	52

4.2.2.5	Keputusan Metode Hybrid	53
4.2.2.6	Ringkasan Hasil Kuantitatif.....	55
4.3	Hasil Pengujian Gangguan Pole-to-Pole (PP)	56
4.3.1	Gangguan PP Tanpa Noise	56
4.3.1.1	Respon Fisik Tegangan dan Arus Terminal	56
4.3.1.2	Respon Indikator STFT	57
4.3.1.3	Respon Indikator Turunan Kedua Arus (D2)	58
4.3.1.4	Respon Indikator Impedansi	59
4.3.1.5	Keputusan Metode Hybrid	60
4.3.1.6	Ringkasan Hasil Kuantitatif.....	61
4.3.2	Gangguan PP dengan Noise	62
4.3.2.1	Respon Fisik Tegangan dan Arus Terminal	63
4.3.2.2	Respon Indikator STFT	63
4.3.2.3	Respon Indikator Turunan Kedua Arus (D2)	65
4.3.3	Analisis Turunan Kedua Arus (D2) pada Skenario Pole-to-Pole dengan Noise.....	65
4.3.3.1	Respon Indikator Impedansi	66
4.3.3.2	Keputusan Metode Hybrid	67
4.3.4	Analisis Metode Hybrid pada Skenario Pole-to-Pole dengan Noise.	68
4.3.4.1	Ringkasan Hasil Kuantitatif.....	69
4.4	Hasil Pengujian High Impedance Fault (HIF) dengan Variasi Resistansi.....	70
4.4.1	Gangguan PG dengan Variasi Resistansi Gangguan pada VSC6.....	70
4.4.1.1	Respon Fisik Tegangan dan Arus Terminal	70
4.4.2	Respons Tegangan dan Arus DC pada Skenario High Impedance Fault ($R_g = 600 \Omega$).....	70
4.4.2.1	Respon Indikator STFT	71
4.4.2.2	Respon Indikator Turunan Kedua Arus (D2)	72
4.4.2.3	Respon Indikator Impedansi	73
4.4.2.4	Keputusan Metode Hybrid	74
4.4.2.5	Ringkasan Hasil Kuantitatif.....	76
4.5	Pembahasan Umum.....	77
BAB V	KESIMPULAN DAN SARAN.....	78
5.1	Kesimpulan	78
5.2	Saran.....	79
	DAFTAR PUSTAKA	80
	LAMPIRAN	L-1
	Lampiran 1: Algoritma	L-1