

**ANALISIS TRANSFER DAYA DAN *LOSSES* TRANSMISI *HYBRID* AC-
DC TEGANGAN EKSTRA TINGGI PADA KELISTRIKAN JAWA BALI**

SKRIPSI

diajukan untuk memenuhi sebagian syarat
untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Elektro
Program Studi S1 Teknik elektro



Oleh:

Achmad Noviandi Saepulloh

NIM 1401476

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

2021

ANALISIS TRANSFER DAYA DAN *LOSSES* TRANSMISI *HYBRID AC-DC* TEGANGAN EKSTRA TINGGI PADA KELISTRIKAN JAWA BALI

Oleh

Achmad Noviandi Saepulloh

1401476

Sebuah skripsi yang diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Fakultas Pendidikan Teknologi dan Kejuruan

© Achmad Noviandi Saepulloh

Universitas Pendidikan Indonesia

Juli 2021

Hak cipta dilindungi undang-undang.

Skripsi ini tidak boleh diperbanyak seluruhnya atau sebagian, dengan dicetak ulang, difoto kopi, atau cara lainnya tanpa ijin dari penulis.

LEMBAR PENGESAHAN
ACHMAD NOVIANDI SAEPULLOH
E.5051.1401476

**ANALISIS TRANSFER DAYA DAN *LOSSES* TRANSMISI *HYBRID* AC-
DC TEGANGAN EKSTRA TINGGI PADA KELISTRIKAN JAWA BALI**

Disetujui dan disahkan oleh pembimbing:

Dosen Pembimbing I



Dr. H. Yadi Mulyadi, M.T.
NIP. 19630727 199302 1 001

Dosen Pembimbing II



H. Wasimudin Surya, ST, M.T.
NIP. 19700808 199702 1 001

Mengetahui,

Ketua Departemen Pendidikan Teknik Elektro



Dr. H. Yadi Mulyadi, M.T.
NIP. 19630727 199302 1 001

PERYANTAAAN

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa skripsi yang saya tulis dengan judul **“ANALISIS TRANSFER DAYA DAN *LOSSES* TRANSMISI *HYBRID AC-DC* TEGANGAN EKSTRA TINGGI PADA KELISTRIKAN JAWA BALI”** ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambilan tulisan atau pikiran orang lain yang saya akui sebagai tulisan atau pikiran saya sendiri. Jika dikemudian hari skripsi ini terbukti merupakan duplikat, tiruan, plagiat, atau dibuat oleh orang lain secara keseluruhan atau sebagian besar, maka gelar yang saya peroleh karenanya batal demi hukum.

Bandung, Agustus 2021

Achmad Noviandi Saepulloh

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas rahmat dan karunia yang diberikan sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi ini dengan baik. Serta Shalawat serta salam senantiasa tercurah kepada baginda alam Rasulullah Muhammad SAW.

skripsi yang berjudul “**ANALISIS TRANSFER DAYA DAN *LOSSES* TRANSMISI *HYBRID* AC-DC TEGANGAN EKSTRA TINGGI PADA KELISTRIKAN JAWA BALI**”. Skripsi ini disusun sebagai salah satu persyaratan untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik di Universitas Pendidikan Indonesia, Fakultas Pendidikan Teknologi dan Kejuruan, Departemen Pendidikan Teknik Elektro, Program Studi Teknik Elektro S1.

Penulis menyadari bahwa tanpa bantuan dan dukungan dari berbagai pihak, skripsi ini tidak dapat diselesaikan dengan baik. Oleh karena itu, penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada:

1. Allah SWT yang telah memberikan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik.
2. Keluarga, Alm Bapak Nanang suryana, Ibu Elly Mulyati, dan Kakak Yunita Lianasari, atas dukungan dan kebaikannya yang tak ternilai dan selalu mendoakan yang terbaik bagi penulis.
3. Dr. Yadi Mulyadi, M.T., selaku Ketua Departemen Pendidikan Teknik Elektro sekaligus Pembimbing I, atas bimbingan, arahan dan motivasi untuk menyelesaikan skripsi ini.
4. Didin Wahyudin, Ph.D., selaku Sekretaris Departemen Teknik Elektro.
5. Iwan Kustiawan, S.Pd, M.T., Ph.D., selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro S1 yang telah memberikan banyak inspirasi kepada penulis.
6. H. Wasimudin Surya, ST, M.T., selaku dosen pembimbing II yang telah memberikan inspirasi dan banyak bantuan kepada penulis.

7. Dr. Aip Saripudin, M.T., selaku dosen wali yang telah memberi inspirasi dan motivasi bagi penulis.
8. Seluruh dosen dan staff DPTE UPI yang telah memberikan banyak bantuan kepada penulis.
9. Ichfan Yusni, Agung Ramdani dan Rizki Zakaria yang selalu memberi semangat dan motivasi bagi penulis.
10. Novan Melandy dan Verio Derwansyah, golongan hitam terakhir dan juga teman seperjuangan yang masih bisa memberi semangat kepada penulis.
11. Teman teman TE 14 UPI, terimakasih untuk kebersamaannya selama ini, suka duka dilewati bersama sama. Banyak sekali kenangan yang tak terlupakan.
12. Teman teman elektro UPI, PTE, HME, terimakasih atas pengalam yang berharga selama ini,
13. Semua pihak yang telah membantu penulis yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Semoga semua dukungan dan bantuan yang telah diberikan untuk penulis dapat dibalas yang lebih baik dari Allah SWT, Aamiin.

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan pada penulisan skripsi ini. Untuk itu, penulis memohon kritik dan saran yang membangun guna pengembangan skripsi ini. Penulis berharap skripsi ini dapat bermanfaat bagi orang-orang yang membutuhkan. Aamiin.

Bandung, Agustus 2021

Penulis

ABSTRAK

Kebutuhan listrik yang meningkat perlu diimbangi dengan pertumbuhan pembangkitan dan harus ditunjang dengan pertumbuhan sistem transmisi. Salah satu cara untuk meningkatkan daya saluran transmisi tanpa harus membuat saluran baru adalah dengan mengkonversi salah satu dari dua saluran transmisi AC yang sudah ada menjadi saluran transmisi DC atau bisa disebut juga dengan sistem transmisi *Hybrid AC-DC*. Sistem transmisi *hybrid AC-DC* ini akan berpengaruh pada peningkatan transfer daya dan juga rugi rugi daya. Pada penelitian ini digunakan *software* DIGSILENT PowerFactory 15.1 untuk mensimulasikan sistem transmisi *hybrid AC-DC* pada sistem kelistrikan 500 kV Jawa Bali. Hasil yang ingin dicapai pada penelitian ini adalah untuk mengetahui pemodelan sistem transmisi *hybrid* mana yang paling optimal untuk digunakan di kelistrikan Jawa Bali dan juga membandingkan nilai transfer daya dan rugi rugi daya dengan sistem transmisi AC 500 kV yang sudah ada. Hasil simulasi memperlihatkan bahwa sistem transmisi *hybrid AC-DC* dapat meningkatkan nilai transfer daya maksimum sebesar 40%, serta penurunan rugi rugi daya sebesar 30% jika dibandingkan dengan sistem transmisi AC.

Kata kunci: Sistem transmisi *hybrid*, saluran DC, Transfer daya, rugi rugi daya

ABSTRACT

The increasing demand for electricity needs to be balanced with the growth in generation and must be supported by the growth of the transmission system. One way to improve the power of the transmission line without having to create a new line is to convert one of the two existing AC transmission line becomes a DC transmission line or it can also be called with an AC-DC hybrid transmission line. This hybrid AC-DC transmission system will effect on the increase in power transfer and also power losses. In this research used software to DIgSILENT PowerFactory 15.1 simulate the AC-DC hybrid transmission system on a 500 kV Java-Bali electrical system. Results to be achieved in this research is to find system model is the most effective hybrid which optimal for use in Java and Bali electricity and also to compare power transfer values and power losses with existing 500 kV AC transmission systems. The simulation results shows that the AC-DC hybrid transmission system can increase the power transfer value by 40%, as well as a decrease in power losses of 30% when compared to the system AC transmission.

Keyword: Hybrid transmission system, DC line, Power transfer, power loss

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERYANTAAAN.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
ABSTRAK	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL	xii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah Penelitian	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
1.5 Struktur Organisasi Skripsi	3
BAB II KAJIAN PUSTAKA	5
2.1 Sistem Transmisi	5
2.1.1 Saluran Transmisi Pendek.....	5
2.1.2 Saluran Transmisi Menengah.....	6
2.1.3 Saluran Transmisi Panjang.....	7
2.2 Saluran Transmisi AC dan DC	8
2.3 Komponen Komponen Utama Sistem Transmisi.....	10
2.4 Sistem Transmisi HVDC (<i>High Voltage Direct Current</i>).....	15
2.4.1 Komponen Komponen Sistem HVDC	16
2.4.2 Converter HVDC	17
2.5 Konfigurasi HVDC.....	19
2.6 Transmisi <i>Hybrid AC DC</i>	22
2.7 Daya Listrik	23
2.7.1 Daya Aktif.....	24
2.7.2 Daya Reaktif.....	24

2.7.3	Daya Semu	25
2.7.4	Faktor Daya.....	25
2.8	SIL (<i>Surge Impedance Loading</i>)	26
2.9	Suplai Daya Reaktif Konverter	27
2.10	Rugi rugi daya	29
2.11	Penelitian Terkait	31
BAB III METODE PENELITIAN		33
3.1	Desain Penelitian	34
3.2	Tempat Penelitian.....	35
3.3	Pengumpulan data	35
3.3.1	Data Saluran Transmisi 500 kV Jawa Bali	35
3.4	Prosedur Penelitian.....	37
3.5	Analisis Data	38
3.6	Pemodelan Stasiun <i>Converter</i> HVDC.....	39
3.6.1	<i>Single Line Diagram</i> Stasiun Konverter	39
3.6.2	Nilai parameter stasiun konverter	41
BAB IV TEMUAN DAN PEMBAHASAN		47
4.1	Temuan Data Penelitian	47
4.2	Pemodelan Sistem Transmisi <i>Hybrid</i> AC DC 500 kV	49
4.2.1	Pemodelan Transmisi <i>Hybrid</i> GI Paiton – GI Pedan	51
4.2.2	Pemodelan Transmisi <i>Hybrid</i> GI Pedan – GI Depok.....	56
4.3	Analisis Pemodelan Sistem Transmisi <i>Hybrid</i> 500 kV	61
4.3.1	Nilai Daya Reaktif pada Konverter.....	62
4.3.2	Perbandingan Nilai Transfer Daya.....	63
4.4	Analisis Rugi Rugi Daya.....	64
4.4.1	Kerugian Daya Saluran Transmisi HVAC 500 kV Jawa - Bali	64
4.4.2	Kerugian Daya Saluran Transmisi Hybrid 500 kV Jawa – Bali	65
4.4.3	Perbandingan Kerugian Daya (<i>Losses</i>).....	66
4.5	Pembahasan Transmisi Hybrid pada Kelistrikan Jawa Bali.....	67
BAB V SIMPULAN, IMPLIKASI DAN REKOMENDASI		69
5.1	Simpulan.....	69

5.2	Implikasi.....	69
5.3	Rekomendasi	70
DAFTAR PUSTAKA		71
LAMPIRAN.....		74

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Rangkaian Ekuivalen Saluran Transmisi Pendek	6
Gambar 2.2	Rangkaian Ekuivalen Saluran Transmisi Menengah	7
Gambar 2.3	Rangkaian Ekuivalen Saluran Transmisi Panjang	8
Gambar 2.4	Jarak transmisi dan biaya investasi untuk saluran transmisi daya AC dan DC	9
Gambar 2.5	Saluran transmisi tunggal dan ganda	11
Gambar 2.6	Isolator Gantung	12
Gambar 2.7	Isolator jenis pasak, Batang Panjang, dan Pos Saluran.....	12
Gambar 2.8	All Aluminium Conductor.....	13
Gambar 2.9	All Aluminium Alloy Conductor.....	13
Gambar 2.10	Alumunium Conductor Steel Reinforced	14
Gambar 2.11	Alumunium Conductor Alloy Reinforced	14
Gambar 2.12	Komponen komponen dalam stasiun HVDC	17
Gambar 2.13	Karakteristik Voltage Source Converter.....	18
Gambar 2.14	Karakteristik Current Source Converter	19
Gambar 2.15	Konfigurasi Back to back	20
Gambar 2.16	Konfigurasi Monopolar	20
Gambar 2.17	Konfigurasi Bipolar	21
Gambar 2.18	Konfigurasi Multiterminal	22
Gambar 2.19	Menara saluran transmisi hybrid AC-DC	23
Gambar 3.1	Diagram Alur Penelitian	33
Gambar 3.2	CIGRE HVDC Benchmark Model	39
Gambar 3.3	Single line diagram stasiun konverter bipolar	40
Gambar 3.4	Nilai parameter 6 pulse rectifier	41
Gambar 3.5	Nilai parameter 6 pulse rectifier	42
Gambar 3.6	nilai parameter filter High Pass Freq 345 kV	43
Gambar 3.7	nilai parameter filter Low Pass Freq 345 kV	43
Gambar 3.8	nilai parameter filter High Pass Freq 230 kV	44
Gambar 3.9	nilai parameter filter Low Pass Freq 230 kV	44
Gambar 3.10	nilai parameter series reactor	45
Gambar 3.11	Nilai parameter konduktor 500 kV	46
Gambar 4.1	Single Line Diagram Sistem Transmsi Hybrid 500 kV Paiton-Depok.....	50
Gambar 4.2	Perbandingan kerugian daya.....	66

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Parameter dari transmisi saluran udara	27
Tabel 3.1 Data konduktor 500 kV	36
Tabel 3.2 Data Saluran Transmisi 500 kV Jawa Bali.....	37
Tabel 4.1 Beban pada setiap GITET	47
Tabel 4.2 Aliran daya pada sistem transmisi 500 kV Jawa-Bali jalur Selatan.....	48
Tabel 4.3 Aliran daya transmisi hybrid dengan pengaturan arus konverter 0.6 kA	52
Tabel 4.4 Aliran daya transmisi hybrid dengan pengaturan arus konverter 0.7 kA	52
Tabel 4.5 Aliran daya transmisi hybrid dengan pengaturan arus konverter 0.75 kA	53
Tabel 4.6 Aliran daya transmisi <i>hybrid</i> dengan pengaturan arus konverter 0.8 kA	53
Tabel 4.7 Aliran daya transmisi <i>hybrid</i> dengan pengaturan arus konverter 0.9 kA	54
Tabel 4.8 Nilai arus pada saluran AC GI Paiton - GI Pedan.....	55
Tabel 4.9 Kerugian daya pada setiap pengaturan arus konverter 1	55
Tabel 4.10 Aliran daya transmisi hybrid dengan pengaturan arus konverter 0.4 kA	57
Tabel 4.11 Aliran daya transmisi hybrid dengan pengaturan arus konverter 0.425 kA ...	57
Tabel 4. 12 Aliran daya transmisi hybrid dengan pengaturan arus konverter 0.45 kA	58
Tabel 4.13 Aliran daya transmisi hybrid dengan pengaturan arus konverter 0.475 kA ...	58
Tabel 4.14 Aliran daya transmisi hybrid dengan pengaturan arus konverter 0.5 kA	59
Tabel 4.15 Nilai arus pada saluran AC GI Pedan - GI depok	60
Tabel 4.16 Kerugian daya pada setiap pengaturan arus konverter 2.....	60
Tabel 4.17 Aliran daya pemodelan sistem trasnmisi hybrid 500 kV	61
Tabel 4.18 Hasil Perhitungan Daya Reaktif pada Setiap Konverter	62
Tabel 4.19 Kerugian daya saluran transmisi 500 kV Jawa Bali.....	64
Tabel 4.20 Kerugian daya saluran transmisi hybrid 500 kV Jawa Bali	65

DAFTAR PUSTAKA

- Edris, A. A., Barthold, L. O., Douglas, P. A., Litzenberger, W. H., & Woodford, D. A. (2008). Upgrading AC transmission to DC for maximum power transfer capacity. *2008 12th International Middle East Power System Conference, MEPCON 2008*, 44–49.
<https://doi.org/10.1109/MEPCON.2008.4562310>
- Eremia, M., & Bulac, C. (2016). HVDC TRANSMISSION Power Conversion Applications in Power Systems. In *Advanced Solutions in Power Systems: HVDC, FACTS, and AI Techniques*.
<https://doi.org/10.1002/9781119175391.ch3>
- Faruque, M. O., Zhang, Y., & Dinavahi, V. (2006). Detailed modeling of CIGRÉ HVDC benchmark system using PSCAD/EMTDC and PSB/SIMULINK. *IEEE Transactions on Power Delivery*, 21(1), 378–387.
<https://doi.org/10.1109/TPWRD.2005.852376>
- Halamay, D. A., Saxby, K. M., Bala, J. L., & Spacek, R. (2005). Feasibility study of a high-voltage DC & AC multi-circuit hybrid transmission line. *Proceedings of the 37th Annual North American Power Symposium, 2005*, 2005, 310–316. <https://doi.org/10.1109/NAPS.2005.1560544>
- Häusler, M., Schlayer, G., & Fitterer, G. (1997). Converting AC power lines to DC for higher transmission ratings. *ABB Review*, 3, 4–11.
- Jamnani, Jitendra, V. P. (2016). *Surge Impedance Loading Level Enhancement of 765 Long EHV AC line Through Bundle*.
- Kim, C.-K., Sood, V. K., Jang, G.-S., Lim, S.-J., & Lee, S.-J. (2009). HVDC TRANSMISSION Power Conversion Applications in Power Systems. In *John Wiley & sons (asia) Pte Ltd*. john wiley & sons (Asia) Pte Ltd.

<https://doi.org/10.1002/9781119175391.ch3>

Kizilcay, M., Agdemir, a, & Losing, M. (2009). Interaction of a HVDC System with 400kV AC systems on the same tower. *Proceedings of the International Conference on Power Systems Transients 2009 (IPST 2009)*, 3–6.

Matele, M. L., Clerki, A., & Valtorta, G. (1992). Power upgrading by converting ac lines to dc. *IEEE AFRICON Conference, 1992-Septe*, 474–478.

<https://doi.org/10.1109/AFRCON.1992.624525>

Neumann, T., Erlich, I., Wijnhoven, T., & Deconinck, G. (2015). Response of an AC - DC hybrid transmission system to faults in the AC network. *IEEE Power and Energy Society General Meeting, 2015-Septe*, 1–5.

<https://doi.org/10.1109/PESGM.2015.7286456>

Nguyen, M. H., & Saha, T. K. (2009). Power loss evaluations for long distance transmission lines Long distance transmission lines. *Australian Geothermal Energy Conference, 1*, 307–312. https://www.geothermal-energy.org/pdf/IGAstandard/AGEC/2009/Nguyen__Saha_2009.pdf

Novitskiy, A., & Westermann, D. (2016). DC components in the AC networks containing AC/DC hybrid transmission lines. *EEEIC 2016 - International Conference on Environment and Electrical Engineering*.

<https://doi.org/10.1109/EEEIC.2016.7555549>

Novitskiy, A., & Westermann, D. (2017). Some aspects of steady state simulations of AC/DC hybrid transmission lines. *Conference Proceedings - 2017 17th IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering and 2017 1st IEEE Industrial and Commercial Power Systems Europe, EEEIC / I and CPS Europe 2017, i*.

<https://doi.org/10.1109/EEEIC.2017.7977846>

P. Kundur. (1994). Power system stability and control. *Power System Stability*

and Control, Third Edition, 1–450. <https://doi.org/10.4324/b12113>

P.bahrman, M., & Johnson, B. K. (2007). The ABCs of HVDC Transmission Technology. *IEEE Power & Energy Magazine*, 5(2).

Pfeiffer, M., Hedtke, S., & Franck, C. M. (2018). Corona Current Coupling in Bipolar HVDC and Hybrid HVAC/HVDC Overhead Lines. *IEEE Transactions on Power Delivery*, 33(1), 393–402.
<https://doi.org/10.1109/TPWRD.2017.2713603>

PT PLN persero. (n.d.). *PEDOMAN SUTT-SUTET*.

Sujatmiko, H. (2009). ANALISIS KERUGIAN DAYA PADA SALURAN TRANSMISI TEGANGAN EKSTRA TINGGI 500 KV DI P.T. PLN (Persero) PENYALURAN & PUSAT PENGATURAN BEBAN (P3B) JAWA BALI REGIONAL JAWA TENGAH & DIY UNIT PELAYANAN TRANSMISI SEMARANG. *Jurnal Teknik Elektro Unnes*, 1(1), 33–52.
<https://doi.org/10.15294/JTE.V1I1.1603>

Undeland, T. M. (2014). *HVDC Transmission Using a Bipolar Configuration Composed of an LCC and MMC* Åsa M Halvorsdatter (Issue June).