

PENGARUH VARIASI KONDUKTOR BERKAS TERHADAP GANGGUAN BERISIK DAN INTERFERENSI RADIO PADA SALURAN TRANSMISI UDARA TEGANGAN EKSTRA TINGGI 275 kV

Ade Putra Nababan, Syahrawardi

Konsentrasi Teknik Energi Listrik, Departemen Teknik Elektro

Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara (USU)

Jl. Almamater, Kampus USU Medan 20155 INDONESIA

e-mail: baban1897@gmail.com

Abstrak

Penggunaan tegangan ekstra tinggi dapat meningkatkan efisiensi dan menurunkan jatuh tegangan tetapi berakibat timbulnya korona. Korona meningkatkan rugi penyaluran dan menimbulkan gangguan terhadap lingkungan berupa *Audible Noise (AN)* dan *Radio Interference (RI)*. *Audible Noise (AN)* dan *Radio Interference (RI)* yang terlalu besar akan mengganggu masyarakat disekitar saluran transmisi. Penggunaan konduktor berkas merupakan cara untuk mengurangi risiko terjadinya korona. *Paper* ini membahas tentang pengaruh variasi konduktor berkas terhadap gangguan berisik dan interferensi radio pada saluran udara tegangan ekstra tinggi (SUTET) 275 kV. Jenis-jenis variasi meliputi variasi jumlah berkas, variasi jarak antar sub-konduktor dan variasi diameter. Selanjutnya dihitung nilai *Audible Noise (AN)* dan *Radio Interference (RI)* untuk perencanaan saluran transmisi 275 kV Galang-Binjai. Hasil perhitungan nilai AN dan RI pada SUTET 275 kV masih aman karena nilainya masih di bawah batas kriteria *Perry* dan SPLN 46-1-1981 tentang Pedoman Pembatasan Tingkat Bising dan *IEEE Radio Noise Design Guide* tentang batas maksimal RI.

Kata kunci: *Audible Noise (AN)*, *Radio Interference (RI)*, *Konduktor Berkas*

1. Pendahuluan

Dalam penyaluran daya listrik akan terjadi rugi-rugi daya penyaluran dan terdapat jatuh tegangan (*voltage drop*) yang besarnya sebanding dengan panjang saluran. Penggunaan tingkat tegangan yang lebih tinggi merupakan solusi dari permasalahan tersebut. Namun, jika tegangan terus ditingkatkan akan muncul korona disepanjang saluran transmisi. Korona menimbulkan rugi-rugi daya dan gangguan terhadap komunikasi radio dan dampak buruk dari korona terhadap lingkungan disekitar berupa gangguan berisik dan interferensi radio.

Besarnya gangguan berisik dan interferensi radio ini perlu diperhatikan dalam perancangan saluran transmisi karena dikhawatirkan dapat mengganggu lingkungan di sekitar saluran transmisi. Salah satu cara untuk mengurangi efek korona yang dilakukan adalah dengan menggunakan konduktor berkas. Dalam *paper* ini akan diteliti pengaruh variasi konduktor berkas terhadap gangguan berisik dan interferensi radio pada saluran transmisi udara tegangan ekstra tinggi 275 kV Galang-Binjai.

2. Korona pada Konduktor Berkas

2.1 Konduktor Berkas

Konduktor berkas adalah konduktor yang terdiri dari dua konduktor atau lebih yang

dipakai sebagai konduktor satu fasa. Pembentukan konduktor berkas dilakukan dengan cara mendekatkan satu konduktor dengan konduktor lain pada jarak tertentu menggunakan *spacer* untuk mengurangi rugi-rugi korona.

2.2 Korona

Pengertian korona berdasarkan *American Standards Association* adalah peluahan sebagian yang ditandai dengan timbulnya cahaya violet karena terjadi ionisasi udara disekitar permukaan konduktor yaitu adanya kehilangan elektron dari molekul udara ketika gradien tegangan permukaan konduktor melebihi nilai kuat medan kritis disruptifnya. Terjadinya korona juga ditandai dengan suara desis dan bau ozone (O_3). Korona makin nyata kelihatan pada bagian yang kasar, runcing, dan kotor. Peristiwa korona semakin sering terjadi jika pada saluran transmisi diterapkan tegangan yang lebih tinggi dan ketika udara lembab serta cuaca buruk. Apabila tegangan searah yang diberikan, maka pada kawat positif korona dalam bentuk cahaya yang seragam pada permukaan kawat, sedangkan pada kawat negatif hanya pada tempat tertentu saja.

Faktor-faktor yang mempengaruhi terjadinya korona antara lain:

1. Kondisi Atmosfer

2. Diameter konduktor
3. Kondisi permukaan konduktor
4. Jarak konduktor antar fasa
5. Tegangan saluran transmisi

2.3 Audible Noise (AN)

Gangguan Berisik (*Audible Noise*) atau sering disingkat dengan AN adalah bunyi yang terdengar terus-menerus baik yang merata,tak teratur serta tidak nyaman didengar oleh indra pendengaran manusia normal yang disebabkan oleh suara mesin industri, transportasi maupun suara akibat korona pada saluran transmisi. Tingkat AN diukur dalam satuan dB (A) yang sesuai dengan satuan pendengaran manusia. Besar AN sebanding dengan peningkatan tegangan saluran.

Beberapa faktor yang mempengaruhi besarnya AN antara lain:

- a. Gradien tegangan permukaan konduktor
- b. Jumlah berkas
- c. Diameter konduktor
- d. Kondisi atmosfer
- e. Jarak lateral objek yang akan dievaluasi AN-nya dari kawat konduktor

Batas AN menurut kriteria *Perry* berdasarkan tingkat kenyamanan masyarakat dibedakan menjadi tiga, yaitu:

- a. Tanpa teguran : lebih kecil dari 52,5 dB (A)
- b. Teguran sedang : 52,5 sampai 59 dB (A)
- c. Banyak teguran : lebih besar dari 59 dB (A)

Secara khusus PT. PLN tidak mengeluarkan peraturan mengenai nilai AN pada saluran transmisi. Namun, pada SPLN 46-1 tahun 1981 tentang pembahasan tingkat bising, dapat dijadikan acuan tentang tingkat bising.

Tabel 1. Tingkat Bising menurut SPLN 46-1-1981

Kriteria Pendengaran	Tingkat Bising dB (A)
Menulikan	100 < AN ≤ 120
Sangat Hiruk	80 < AN ≤ 100
Kuat	60 < AN ≤ 80
Sedang	40 < AN ≤ 60
Tenang	20 < AN ≤ 40

2.3.1 Perhitungan AN Dalam Desain Saluran Transmisi Udara Tegangan Ekstra Tinggi dengan Rumus Empiris B.P.A

Dalam rumus yang dikembangkan oleh B.P.A dari Amerika Serikat adalah sebagai berikut:

a. Jumlah berkas $n < 3$

$$AN(i) = 120 \log_{10}g_m(i) + 55 \log_{10}d - 11,4 \log_{10}D(i) - 115,4 \dots \dots \dots (1)$$

b. Jumlah berkas $n \geq 3$

$$AN(i) = 120 \log_{10}g_m(i) + 55 \log_{10}d - 11,4 \cdot \log_{10}D(i) + 26,4 \log_{10}N - 128,4 \dots \dots (2)$$

Keterangan:

- AN(i) = AN pada konduktor berkas -i dB(A)
- $g_m(i)$ = gradien tegangan permukaan konduktor berkas maksimum rata-rata pada tiap fasa i (kV rms/cm) , i = 1,2, 3,...n
- d = diameter sub-konduktor (cm)
- N = jumlah sub-konduktor pada konduktor berkas
- D(i) = jarak radial fasa (i) ke lokasi yang diamati (m)
- P = total dari jumlah fasa

2.3.2 Perhitungan AN Dalam Desain Saluran Transmisi Udara Tegangan Ekstra Tinggi dengan Rumus Empiris TLCALC 2001

Program TLCALC 2001 merupakan program perhitunganyang dikembangkan oleh Korea Selatan dalam riset pembangunantegangan ekstra tinggi.

Rumus AN berdasarkan ProgramTLCALC 2001 adalah sebagai berikut:

a. Jumlah berkas $n < 3$

$$SLT_{L50} (i) = 122,68 \log g_m(i) + 58,68 \log d(i) - 10,53 \cdot \log D(i) - 122,73 \dots \dots \dots (3)$$

b. Jumlah berkas $n \geq 3$

$$SLT_{L50} = 122,68 \log g_m(i) + 24,99 \log N \dots \dots \dots (4)$$

Keterangan:

- SLT_{L50} (i) = AN pada konduktor berkas -i dB(A)
- d(i) = diameter sub-konduktor (cm)
- N = jumlah sub-konduktor pada konduktor berkas
- g_m = gradien tegangan permukaan konduktor rata-rata (kV rms/cm)
- D(i) = jarak radial fasa (i) ke lokasi yang diamati (m)
- P = total dari jumlah fasa

2.4 Radio Interference (RI)

Korona yang terjadi dalam saluran transmisi menghasilkan gangguan elektromagnetik yang menyebabkan gangguan penerimaan gelombang radio. Gelombang AM dipancarkan gelombang pembawa (*carrier*) pada frekuensi 0,5-1,6 Mhz. Daerah frekuensi ini memiliki kecenderungan terganggu oleh *radio interference* (RI) korona. RI tidak terjadi pada gelombang frekuensi FM. Peristiwa korona menghasilkan pulsa arus dan pulsa tegangan disekitar permukaan konduktor dengan spektrum frekuensi dari 3 kHz sampai 30000 Mhz.

Satuan RI dinyatakan dalam nilai $\mu\text{V/m}$ atau dalam satuan desibel (dB) dengan acuan $1 \mu\text{V/m}$. Nilai $1 \mu\text{V}$ setara dengan 20 dB ($\mu\text{V/m}$). Besarnya RI seperti halnya AN dipengaruhi oleh gradien tegangan permukaan konduktor, jumlah berkas, diameter konduktor, kondisi atmosfer dan jarak lateral objek yang akan dievaluasi RI-nya dari kawat konduktor serta frekuensi alat pengukuran.

Batasan besar RI dapat menggunakan standar *IEEE Radio Noise Design Guide* yang menetapkan batasan nilai tertinggi RI adalah 40 dB $\mu\text{V/m}$ pada jarak 100 feet atau 30 m dari fasa konduktor paling luar. Pada kondisi cuaca hujan nilai RI akan meningkat 16-22 dB $\mu\text{V/m}$.

2.4.1 Perhitungan *Radio Interference* (RI) dengan rumus empiris CIGRE

Perhitungan RI dengan rumus empiris CIGRE adalah sebagai berikut:

$$RI_i(\text{dB}) = 3,5g_m + 12r - 33\log_{10}\left(\frac{D_i}{20}\right) - 30 \dots (5)$$

Keterangan:

RI_i = RI pada konduktor (*i*) terhadap antena (dB $\mu\text{V/m}$)

g_m = gradien tegangan permukaan konduktor berkas (kV rms/cm)

r = jari-jari sub-konduktor (cm)

D_i = jarak antara konduktor (*i*) dengan antena (m), $D = \sqrt{h^2 + R^2}$; $i = 1, 2, 3, \dots, n$; $D_i > 20$ m; Dimana, h adalah ketinggian konduktor -*i* dari tanah (m) dan R adalah jarak lateral dari antena ke konduktor -*i* (m)

2.4.2 Perhitungan *Radio Interference* (RI) dengan rumus empiris TLCALC 2001

Perhitungan RI berdasarkan rumus empiris TLCALC 2001 adalah sebagai berikut:

a. RI pada cuaca baik

$$RI_{FL50}(i) = -105,81 + 117,41.\log g_m(i) + 40,38 \log d + 1,54 \log N - 10,22 \log D(i) - 27,10 \log f \dots (6)$$

b. RI pada cuaca hujan

$$RI_{FL50}(i) = -81,98 + 119,56.\log g_m(i) + 43,57 \log d + 3,97 \log N - 19,05 \log D(i) - 25,07 \log f \dots (7)$$

Keterangan:

$RI_{FL50}(i)$ = RI konduktor (*i*) terhadap antena (dB ($\mu\text{V/m}$))

g_m = gradien tegangan permukaan konduktor berkas (kV/cm rms)

d = diameter sub-konduktor (cm)

N = jumlah berkas

$D(i)$ = jarak radial antara konduktor (*i*) dengan antena (m),

$$D = \sqrt{h^2 + R^2}; i = 1, 2, 3, \dots, n$$

h = ketinggian konduktor -*i* dari tanah (m)

R = jarak lateral dari antena ke konduktor -*i* (m)

f = frekuensi alat ukur (MHz)

3. Metode Penelitian

Penelitian dilakukan mulai tanggal 27 Maret sampai 4 April 2014 di PT. PLN UPT (Unit Pelayanan Transmisi) Tragi Binjai.

Dalam penelitian ini, analisa data menggunakan analisis matematis dengan melakukan perhitungan berdasarkan rumus yang berlaku untuk menghitung nilai dari AN dan RI menggunakan data-data yang di dapat dari UPT Tragi Binjai PT. PLN.

Adapun perhitungan nilai AN dan RI tersebut menggunakan formulasi sebagai berikut:

1. Nilai AN

Metode B.P.A

a. Jumlah berkas $n < 3$

$$AN(i) = 120 \log_{10} g_m(i) + 55 \log_{10} d - 11,4 \log_{10} D(i) - 115,4$$

b. Jumlah berkas $n \geq 3$

$$AN(i) = 120 \log_{10} g_m(i) + 55 \log_{10} d - 11,4 \log_{10} D(i) + 26,4 \log_{10} N - 128,4$$

Metode TLCALC 2001

a. Jumlah berkas $n < 3$

$$SLT_{L50}(i) = 122,68 \log g_m(i) + 58,68 \log d(i) - 10,53 \log D(i) - 122,73$$

b. Jumlah berkas $n \geq 3$

$$SLT_{L50} = 122,68 \log g_m(i) + 24,99 \log N$$

2. Nilai RI

Metode CIGRE

$$RI_i(dB) = 3,5g_m + 12r - 33\log_{10}\left(\frac{D_i}{20}\right) - 30$$

Metode TLALC 2001

- a. RI pada cuaca baik

$$RI_{FL50}(i) = -105,81 + 117,41.\log g_m(i) + 40,38 \log d + 1,54 \log N - 10,22 \log D(i) - 27,10 \log f$$
- b. RI pada cuaca hujan

$$RI_{FL50}(i) = -81,98 + 119,56.\log g_m(i) + 43,57 \log d + 3,97 \log N - 19,05 \log D(i) - 25,07 \log f$$

4. Analisis Data

Data yang diperoleh dari PT. PLN Tragi Binjai dapat dilihat pada Tabel 2 di bawah ini.

Tabel 2. Data masukan perhitungan

Parameter	Nilai
Tegangan	275 kV
Panjang Saluran	61,15 km
Daya pada keadaan stabil	45,1 MW
Tipe Menara	Saluran Ganda
Jarak antar berkas	26 cm
Faktor daya	0,8

Dari data-data pada Tabel 2 di atas, diperoleh hasil perhitungan AN dan RI yang ditunjukkan pada Tabel 3 dan Tabel 4 di bawah ini.

Tabel 3. Nilai AN dan RI dengan variasi jumlah berkas 2, 3, dan 4 sub-konduktor

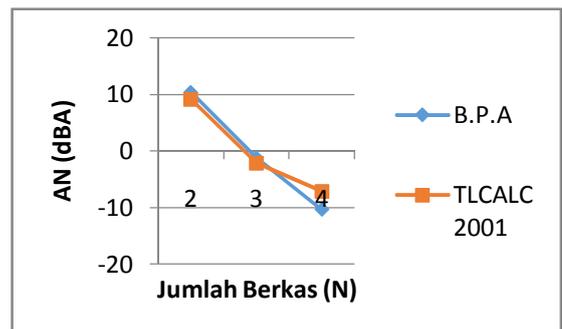
N	d (cm)	AN dB (A)		RI (dBµV/m)	
		B.P.A	TLC 2001	CIGRE	TLC 2001
2	2,86	10,39	9,18	11,89	21,17
3	2,45	-1,18	-2,11	5,3	11,03

4	2,03	-10,32	-7,12	1,4	5,01
---	------	--------	-------	-----	------

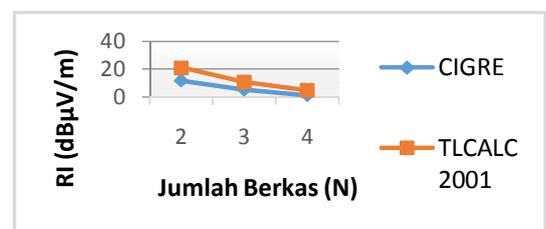
Tabel 4 Nilai AN dan RI dengan variasi jarak antar sub-konduktor 27 sampai 29 cm

N	d	s	AN dB (A)		RI (dBµV/m)	
			B.P.A	TLCA 2001	CIGRE	TLC 2001
2	2,86	27	16,59	15,04	14,72	26,74
		28	10,82	9,07	5,3	20,98
		29	10,9	9,14	1,4	21,04
3	2,45	27	-5,84	-7,18	5,02	10,61
		28	-1,03	-2,05	5,23	10,99
		29	-0,81	-1,9	5,34	11,2
4	2,03	27	-5,43	-6,99	1,11	4,53
		28	-6,1	-7,24	0,98	4,27
		29	-6	-7,57	0,75	3,92

Dari Tabel 3 diperoleh grafik hubungan jumlah berkas dengan nilai AN dan RI

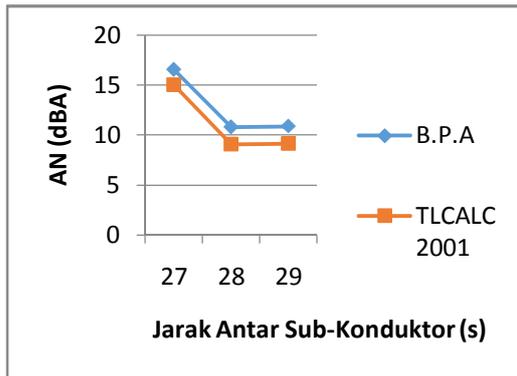


Gambar 1. Kurva hubungan jumlah berkas dengan nilai AN

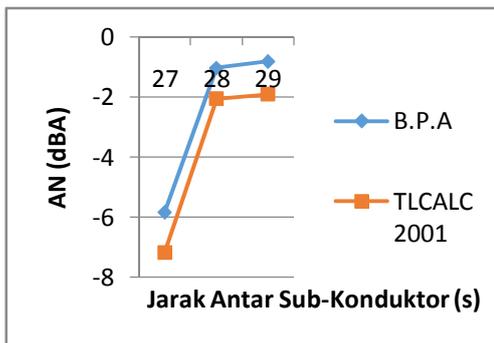


Gambar 2. Kurva hubungan jumlah berkas dengan nilai RI

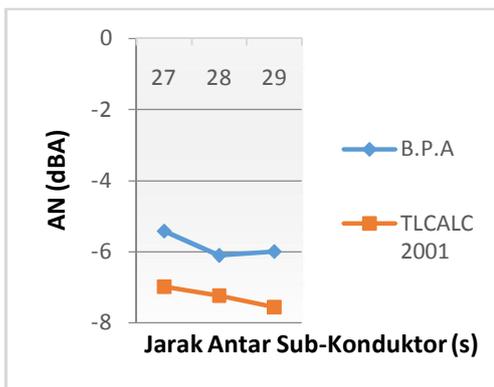
Dari Tabel 4 diperoleh grafik hubungan antara jarak antar sub-konduktor dengan nilai AN dan RI



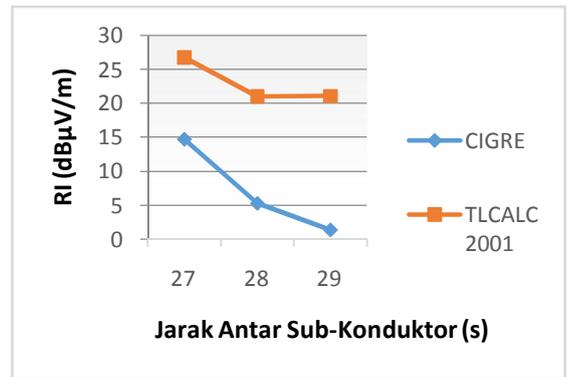
Gambar 3. Kurva hubungan jarak antar sub-konduktor pada jumlah berkas 2 dengan nilai AN



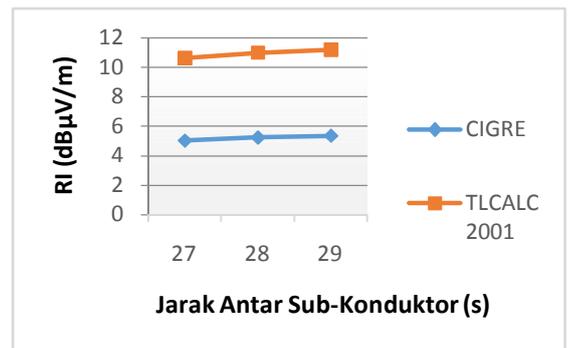
Gambar 4. Kurva hubungan jarak antar sub-konduktor pada jumlah berkas 3 dengan nilai AN



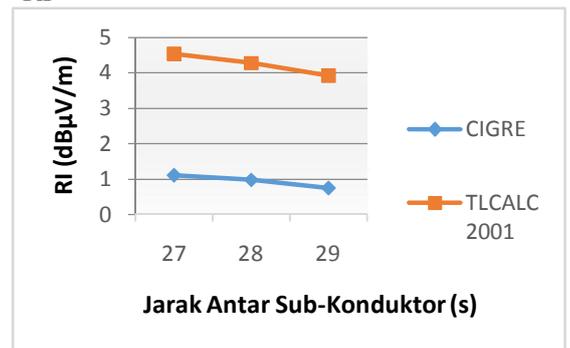
Gambar 5. Kurva hubungan jarak antar sub-konduktor pada jumlah berkas 4 dengan nilai AN



Gambar 6. Kurva hubungan jarak antar sub-konduktor pada jumlah berkas 2 dengan nilai RI



Gambar 7. Kurva hubungan jarak antar sub-konduktor pada jumlah berkas 3 dengan nilai RI



Gambar 8. Kurva hubungan jarak antar sub-konduktor pada jumlah berkas 4 dengan nilai RI

Dari Tabel 3 dan Tabel 4 beserta grafik di atas, menunjukkan bahwa penambahan jumlah berkas memiliki pengaruh yang cukup besar terhadap penurunan nilai AN dan RI dibandingkan dengan variasi jarak antar sub-konduktor dan diameter konduktor. Nilai AN dan RI yang ditimbulkan saluran transmisi akan lebih kecil jika jumlah berkas diperbanyak. Hasil perhitungan AN menunjukkan skala tingkat rendah (<52,5 dBA), sedangkan ditinjau dengan skala tingkat kebisingan SPLN 46-1-1981, nilai AN menunjukkan skala tingkat

sangat tenang ($AN \leq 20$). Hasil perhitungan RI menunjukkan nilai yang masih di bawah 40 dB μ V/m yang merupakan batas maksimal RI sesuai dengan *IEEE Radio Noise Design Guide*.

5. Kesimpulan

Dari hasil pembahasan, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan hasil perhitungan *Audible Noise (AN)*, nilai AN pada SUTET 275 kV tidak mengganggu lingkungan sesuai dengan kriteria *Perry* dan SPLN 46-1-1981 tentang Pedoman Pembatasan Tingkat Bising.
2. Berdasarkan hasil perhitungan *Radio Interference (RI)*, nilai RI pada SUTET 275 kV adalah aman karena nilai RI masih di bawah batas maksimal *IEEE Radio Noise Design Guide*
3. Pengaruh perubahan jumlah berkas lebih dominan terhadap nilai *Audible Noise* serta *Radio Interference* jika dibandingkan dengan pengaruh perubahan jarak antar sub-konduktor atau diameter sub-konduktor
4. Penambahan jumlah berkas dapat menurunkan nilai *Audible Noise (AN)* serta *Radio Interference (RI)*

6. Daftar Pustaka

1. Andry, "Perhitungan Kuat Medan Listrik di Bawah Saluran Transmisi", Tugas Akhir Jurusan Teknik Elektro, Universitas Sumatera Utara, 2009
2. Arismunandar, A., *Teknik Tegangan Tinggi*, cetakan kelima, Pradnya Paramita, Jakarta, 1984
3. Begamudre, R.D., *Extra High Voltage A.C Transmission Engineering*, Wiley Eastern Limited, New Delhi, 1987
4. Gönen, Turan, *Electric Power Transmission System Engineering : Analysis & Design*, 1988
5. Hutauruk, T. S. "Transmisi Daya Listrik," cetakan keempat, Erlangga, Jakarta, 1996
6. Simanungkalit, Jhon Kennedy, "Pengaruh Variasi Konduktor Berkas Terhadap Rugi-Rugi Daya Akibat Korona Pada Tegangan Ekstra Tinggi 275 kV", Tugas Akhir Jurusan Teknik Elektro, Universitas Sumatera Utara, 2012
7. K.H. Yang, et all, "New Enviromentally Friendly Design Program, TLCALC 2001

- for High Voltage AC Transmission Lines", IEEJ Trans.PE, Vol.124, No.1, 2004
8. Susilo, Untung, "Analisis Pengaruh Konfigurasi Konduktor Berkas terhadap Efisiensi, Regulasi Tegangan dan Korona pada Saluran Transmisi Udara", Tugas Akhir Jurusan Teknik Elektro, Universitas Diponegoro Semarang, 2009
9. Tinambunan, Marhon Sarmono, "Pengaruh Jarak Antar Sub-Konduktor Berkas Terhadap Besarnya Reaktansi Induktif Saluran Transmisi Bolak-Balik Studi Kasus: Perencanaan Transmisi 275 kV Galang-Binjai", Tugas Akhir Jurusan Teknik Elektro, Universitas Sumatera Utara, 2010
- 10.-----"SPLN 41-7-1981 : "Hantaran Aluminium Berpenguat Baja (ACSR)", PT PLN (Persero), Jakarta, 1981
- 11.-----, "SNI 04-6918-2002 : Ruang Bebas dan Jarak Bebas Minimum pada Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) dan Saluran Udara Tegangan Ekstra Tinggi (SUTET)", BSN, Jakarta, 2002
- 12.----, SPLN 46-1 Tahun 1981: Pedoman Pembatasan Tingkat Bising, Bagian 1: Tingkat Bising di Lingkungan Kerja
- 13.----, "A Comparison of Methods for Calculating Audible Noise of High Voltage Transmission Lines", IEEE Task Force Report, IEEE Trans. Power Appar.Syst.vol. PAS-101, no. 10, p. 4290, Oct. 1982
- 14.-----, "Radio Noise Design Guide For High Voltage Transmission Lines", IEEE Transaction on Power Apparatus and System, Vol.PAS-90, no 2, March/April 1971
- 15.-----,"Product Catalog - ACSR", <http://www.sural.com>