

Penggunaan Metode Counter Poise untuk Meningkatkan Nilai Tahanan Pentanahan pada Tower 39 Jalur Sungguminasa – Tallasa

Muhammad Ikbal Herlambang¹, Amat Fatoni Abdul Rachman², Umar Katu³, Adriani⁴

^{1,2,3,4}Prodi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Makassar

e-mail: ikbal.herlambang01@gmail.com¹, abdultony0@gmail.com²,
umarkatu@poliupg.ac.id³, adriani@unismuh.ac.id⁴

Abstrak

Penelitian ini dilakukan untuk memperbaiki nilai tahanan pentanahan dengan menggunakan sistem pentanahan pada kaki tower, melalui jaringan tegangan tinggi 150kV di sepanjang jalur pemasangan tower di wilayah Gardu Induk Sungguminasa-Tallasa, dengan meneliti sebanyak 10 Tower sehingga di temukan di satu tower yang memiliki nilai tahanan pentanahan yang tertinggi yaitu pada Tower 39. Tujuan dari penelitian ini yaitu menganalisa pengujian perbaikan nilai tahanan pentanahan pada tower 39 Jalur Sungguminasa-Tallasa dengan menggunakan metode counter poise dalam menurunkan nilai tahanan pentanahan yang melebihi standar. Dalam penelitian tersebut dilakukan dengan menggunakan perhitungan nilai tahanan pentanahan dan perbandingan pengukuran menggunakan alat ukur EarthTester. Dari hasil pengukuran dan penelitian di dapatkan pada sistem pentanahan menggunakan metode counter poise mengakibatkan penurunan nilai tahanan pentanahan pada Tower 39 dari 25 Ω menjadi 6,25 Ω melalui perhitungan rumus dan perbandingan dilakukan pengukuran menggunakan alat EarthTester dari 63,3 Ω menjadi 0,6 Ω . Konfigurasi penanaman 4 elektroda batang mampu mereduksi besarnya tahanan pentanahan pada Tower 39 Sungguminasa – Tallasa. Nilai maksimum tahanan pentanahan yang diperbolehkan oleh PT PLN (Persero) untuk jalur transmisi SUTT 150 kV sebesar 10 Ω (SK DIR PLN NO.520)

Kata kunci: *Counter Poise, Petir, Pentanahan*

Abstract

This research was conducted to improve the value of grounding resistance by using a grounding system at the foot of the tower, through a 150kV high voltage network along the tower installation line in the Sungguminasa-Tallasa Substation area, by examining as many as 10 towers so that one tower was found that had a grounding resistance value. the highest is at Tower 39. The purpose of this study is to analyze the testing of grounding resistance improvements in tower 39 of the Sungguminasa-Tallasa Line using the counter poise method in reducing the value of grounding resistance that exceeds the standard. In this research, it was carried out by using the calculation of the value of grounding resistance and comparison of measurements using the EarthTester measuring instrument. From the measurement and research results obtained on the grounding system using the counter poise method resulting in a decrease in the value of the ground resistance at Tower 39 from 25 Ω to 6.25 Ω through formula calculations and comparisons, measurements were made using the EarthTester tool from 63.3 Ω to 0.6 Ω . The configuration of implanting 4 rod electrodes is able to reduce the amount of grounding resistance at Tower 39 Sungguminasa – Tallasa. The maximum value of grounding resistance allowed by PT PLN (Persero) for the SUTT 150 kV transmission line is 10 Ω (SK DIR PLN NO.520)

Keywords : *Counter Poise, Lightning, Grounding*

PENDAHULUAN

Pada era teknologi saat ini, energi listrik mempunyai peranan penting dalam menunjang kehidupan manusia. Baik di sektor industri maupun sektor rumah tangga, penggunaan listrik terus meningkat. Listrik yang dapat digunakan membutuhkan proses yang sangat berlarut-larut, dimulai dengan pembangkitan, bergerak melalui saluran transmisi, dan diakhiri dengan distribusi ke konsumen. Akibatnya, saluran transmisi sangat penting untuk distribusi listrik ke konsumen.

Sambaran petir sering mengakibatkan banyak gangguan pada saluran transmisi. Kami akan berbicara lebih banyak tentang gangguan petir ini di masa mendatang. Instalasi saluran transmisi sering menjadi target yang mudah disambar petir karena konstruksinya yang tinggi dan lokasinya di area terbuka. Saluran udara tegangan tinggi (SUTT) dikenai muatan listrik yang sangat besar ketika disambar petir. Injeksi muatan listrik ini mengubah tegangan di saluran udara tegangan tinggi, menghasilkan tegangan berlebih yang merambat di sepanjang SUTT sebagai impuls.

Penelitian sebelumnya melakukan analisis pengaruh dan efektivitas pemasangan pentanahan metode counterpoise dalam memperbaiki nilai resistansi pentanahan pada tower SUTT 70 kV line Mandai-Pangkep. Dalam penelitian tersebut digunakan software MATLAB R2016a berbasis GUI (Graphical User Interface) untuk mempermudah dalam perhitungan. Dari hasil penelitian didapatkan pada sistem pentanahan dengan metode counterpoise mengakibatkan perubahan nilai tahanan pentanahan tower 70 sebesar 73,44% dari 6,93 Ω menjadi 1,84 Ω dan tower 39 sebesar 76,33% dari 10,14 Ω menjadi 2,4 Ω .

Jalur Sungguminasa-Tallasa yang memiliki panjang 52,86 km dan merupakan jalur backbone sistem Sulbagsel berdasarkan topologi jalur transmisi ULTG Panakkukang, akan terkena dampak signifikan apabila terjadi gangguan pada jalur tersebut. Karena lokasinya sebagai jalur udara terbuka dengan risiko sambaran petir yang tinggi, jalur transmisi jalur Sungguminasa-Tallasa membutuhkan sistem proteksi petir yang efektif. Meluasnya pemadaman di sistem Sulbagsel disebabkan oleh gangguan petir yang terjadi di jalur tersebut pada 11 Maret 2023 di tower 39 jalur Sungguminasa – Tallasa.

Salah satu elemen yang berkontribusi adalah resistansi menara yang tinggi dan pentanahan yang tidak tepat, yang mencegah pelepasan arus listrik yang memadai ke tanah dan mengakibatkan perbedaan potensial antara menara dan kabel fasa. Perbedaan potensial ini melebihi BIL (Basic Insulation Level) isolator, yang merusak media isolasi dan mengakibatkan gangguan fasa ke tanah. Memasang counter poise di dasar menara SUTT adalah salah satu tindakan yang diperlukan untuk melindungi konduktor agar hal ini tidak terjadi lagi.

METODE

Format Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Kunci Past Ring, Gurindah Cutting, Tang kombinasi, Gurindah Tangan, Tali/Tambang, Palu 10 Kg, Obeng, Tang Press, Cangkul, Scun dan Pipa Besi, Linggis, Kawat GSW 10 m, Skop, Mur Baut 17 dan 19, dan Earth Tester.

Data primer dari PT. PLN (Persero) Unit Layanan Transmisi dan Gardu Induk Panakkukang digunakan dalam penelitian ini. Informasi yang diperlukan untuk investigasi ini adalah:

1. Informasi topologi jaringan transmisi ULTG Panakkukang segman Sungguminasa – Tallasa.
2. Informasi tentang hasil pengukuran grounding menara.
3. Historis data gangguan 150 kV Sungguminasa-Tallasa.

Berikut adalah beberapa teknik pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini:

1. Studi Literatur

Studi literatur dilakukan dengan menggunakan sumber-sumber antara lain buku, jurnal, dan kajian terkait lainnya. Tindakan selanjutnya untuk mencapai tujuan penelitian

ini kemudian ditentukan dengan menggunakan konten dari semua sumber yang dikumpulkan.

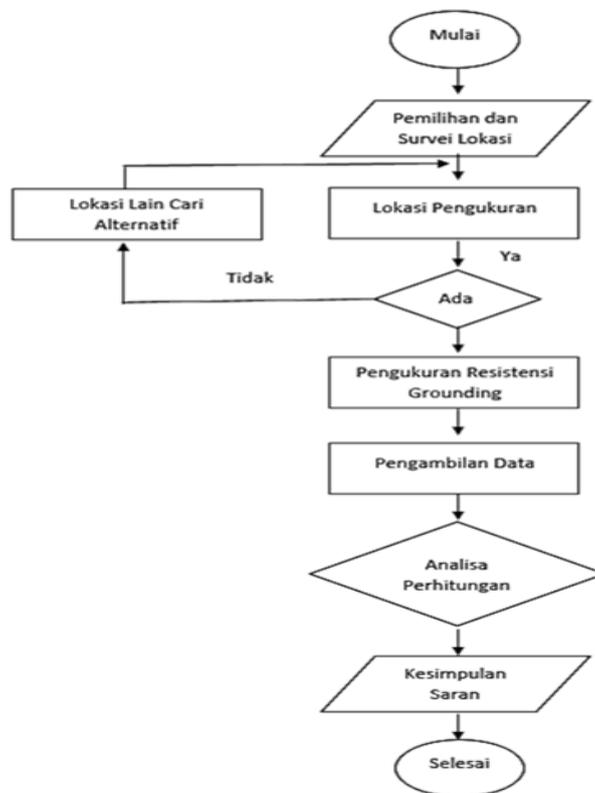
2. Metode wawancara

Dengan menggunakan teknik ini, dimungkinkan untuk secara langsung menerima informasi tentang topologi jaringan transmisi dengan berbicara dengan staf lokal.

3. Metode Observasi

Metode observasi menggunakan observasi langsung untuk mengumpulkan data primer yang lebih tepat mengenai subjek penelitian.

Penelitian ini menggunakan teknik analisa data kuantitatif. Peneliti melakukan analisis data pengukuran dengan menghitung nilai resistansi tower dengan rumus statistic kemudian membandingkan dengan pengukuran menggunakan alat ukur kemudian menganalisis kembali tower yang memiliki nilai tahanan pentanahan yang melebihi standar maksimum yang diperbolehkan (10 Ohm) untuk menurunkan nilai tahanan pentanahan tersebut sebagai dasar untuk membuat kesimpulan.

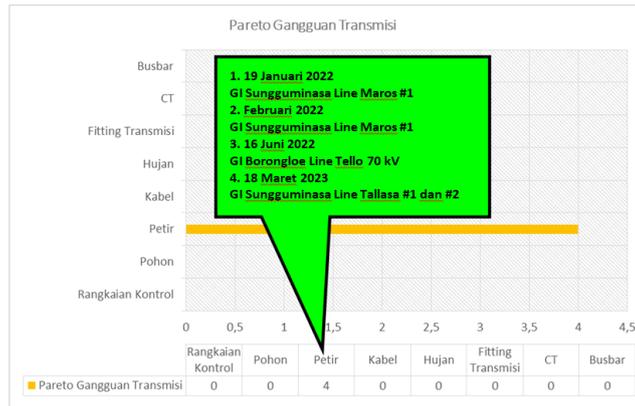


Gambar. 1 Flowchart Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada saluran udara tegangan tinggi (SUTT) jalur Sungguminasa-Tallasa 150 kV dilakukan pengukuran. Hanya 10 dari 143 menara di ruas Sungguminasa–Tallasa menara 34–43 yang sudah diukur nilai landasannya. Pemilihan menara dilakukan berdasarkan informasi gangguan petir yang terjadi pada 18 Maret 2023 serta pembacaan relai jarak jauh yang dipasang di Gardu Induk Tallasa dan Sungguminasa.

Pengukuran dilaksanakan pada tanggal 20 April 2023 pada tower 34 – 43 segmen Sungguminasa - Tallasa. Pengukuran menggunakan alat ukur Earth tester.



Gambar. 2 Pareto Gangguan Transmisi 2023 ULTG Panakukkang

Data Pengukuran Pentanahan

Satu atau dua kabel ground yang diletakkan diatas kabel fasa dengan sudut proteksi 15° untuk dua kabel ground dan 30° untuk satu kabel ground digunakan untuk melindungi kabel fasa dari sambaran petir langsung. Jadi, kemungkinan terjadinya kebakaran yang disebabkan oleh sambaran petir langsung dapat diabaikan. Resistansi kaki tower harus dijaga dibawah 10 Ohm untuk mencegah terjadinya resiko terjadinya flash over balik yang disebabkan oleh sambaran petir langsung pada bagian atas tower atau kabel ground. Sistem counter poise atau satu atau lebih ground rod dapat digunakan untuk mencapai ketahanan kaki menara sebesar 10 Ohm. Jenis ketahanan tanah di mana menara transmisi berada menentukan apakah akan menggunakan batang pembumian dan/atau sistem counter poise.

Metode pengardean Counter Poise melibatkan penanaman elektroda berbentuk batang tegak lurus ke dalam tanah pada kedalaman antara 1 dan 10 meter. Elektroda ini memiliki diameter 1 hingga 2 inci dan panjang 3 hingga 10 meter.

Tabel 1. Data Hasil Pengukuran Nilai Tahanan Pentanahan Tgl 20 April 2023

No	Nomor Tower	Type Isolator	Lokasi	Pengukuran Nilai Tahanan Pentanahan
1	34	SS	Sawah	8,45
2	35	DS	Sawah	7,21
3	36	DS	Sawah	6,54
4	37	DT	Sawah	6,02
5	38	DS	Sawah	0,61
6	39	DS	Sawah	63,3
7	40	ST/DT	Sawah	1,03
8	41	ST/DT	Sawah	0,61
9	42	DS	Sawah	1,68
10	43	DS	Sawah	1,43

Berdasarkan data yang diperoleh pada table 2, dapat diketahui bahwa nilai tahanan pembumian adalah sebagai berikut:

1. Kondisi baik, kondisi ini terjadi bila tahanan pembumiannya kurang dari 10 Ohm dan bahkan sampai mendekati angka nol (0).
2. Kondisi awas, kondisi ini terjadi bila tahanan pembumiannya mencapai 8 s.d. 10 Ohm. Kondisi ini masih baik, tapi dalam keadaan pengawasan.
3. Kondisi buruk, kondisi ini terjadi bila tahanan pembumiannya melebihi standar 10 Ohm.
4. Kondisi tidak diketahui, kondisi ini terjadi bila tahanan pembumiannya tidak dapat diukur karena sesuatu hal.

Tahanan pentanahan yang diukur, menurut data pengukuran lokasi Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) 150 kV jalur Sungguminasa – Tallasa, biasanya masih dibawah nilai maksimum yang dipersyaratkan (dibawah 10 ohm). Salah satu tower, tower 39, memiliki nilai grounding sebesar 63,3 ohm, lebih tinggi dari kebutuhan maksimum yang diperlukan.

Ketika petir menyambar menara, hal ini akan menyebabkan flashover belakang. Back flashover adalah jenis flashover yang terjadi ketika petir menyambar saluran transmisi sehingga menyebabkan tegangan yang mengalir pada saluran lebih banyak dan melebihi batas tingkat isolasi peralatan (BIL). Jenis flashover ini biasanya disebabkan oleh resistensi atau resistansi menara yang tinggi, serta landasan kaki menara. Garis-garis tabel diutamakan garis horizontal saja sedangkan garis vertikal dihilangkan.

Analisa Data Pengukuran Dengan Perhitungan

Tower penghantar SUTT 150 kV jalur Sungguminasa – Tallasa mempunyai kendala pada tahanan groundingnya, hal ini diketahui dari data perhitungan setelah mendapatkan hasil pengujian dan mengidentifikasi tower yang mempunyai nilai grounding melebihi ketentuan (batas 10 Ohm). Temuan pengukuran menunjukkan bahwa salah satu menara, menara 39, diperkirakan memiliki nilai resistivitas tanah sebesar 100 Ohm meter (nilai resistivitas tanah tertinggi untuk kondisi tanah liat/pertanian) karena nilai resistansi pentanahannya melampaui tingkat maksimum yang diijinkan (10 Ohm).

Dengan menggunakan data acuan hasil pengukuran Tabel 2, dan menggunakan persamaan 1 data dari pengukuran dengan menggunakan 2 (dua) batang elektroda, dengan variabel berikut :

ρ (Tahanan Jenis Tanah) tanah liat / ladang	: 20 s.d 100 Ohm-m
ρ (Tahanan Jenis Tanah) diasumsikan maksimum	: 100 Ohm-m
L (Panjang Batang yang tertanam)	: 3 meter
d (Diameter batang Elektroda)	: $\frac{3}{4}$ Inchi (19 mm)
r (radius batang Elektroda)	: 0,0095 m
a (jarak antar batang)	: 6 meter

besarnya nilai pentanahan dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$R_{bt1} = \frac{\rho}{2\pi L} \left[\ln \left(\frac{2L}{d} \right) - 1 \right]$$

- Untuk dua batang elektroda ditanamkan tegak lurus (diletakkan dimana saja)

$$\begin{aligned} A &= \sqrt{ar} \\ R_{bt1} &= \frac{\rho}{2\pi L} \left[\ln \left(\frac{2L}{d} \right) - 1 \right] \\ &= \frac{100}{2 \times 3,14 \times 3} \left[\ln \left(\frac{2 \times 3}{0,019} \right) - 1 \right] \\ &= 25 \Omega \text{ (melebihi standar 10 Ohm)} \end{aligned}$$

Hasil perhitungan didapat nilai Rbt perhitungan sebesar 25,239 Ohm, mendekati dari hasil pengukuran langsung pada Tabel 2 dimana pengukuran nilai Resistansi pada Tower T.39 sebesar 63,3 Ohm.

Analisis bagaimana menggunakan pendekatan counter-poised untuk menurunkan nilai grounding resistance tower

Batang elektroda ditambahkan di bawah permukaan tanah untuk memasang counter poise grounding pada menara 39. Batang elektroda ditanam antara 3 dan 9 meter di bawah permukaan. Ketika sambaran petir menyambar sistem grounding, grounding rod yang tepat berfungsi untuk mengalirkan arus listrik dari tower SUTT ke tanah dan mencegah reverse

flashover pada isolator. Pengardean menara dilakukan dengan menanam pelat aluminium/tembaga di sekeliling menara, yang berfungsi untuk mengalihkan arus listrik dari penghantar akibat sambaran petir, atau menjepit penghantar tembaga atau penghantar baja ke pipa pentanahan yang ditanam di dekat pondasi tiang pancang.

Jika R_{bt} dihitung dengan perbaikan menggunakan 4 batang elektroda yang dihubungkan secara paralel dengan menara T.39, hal ini dicapai dengan menambahkan batang elektroda untuk menara dengan kondisi tanah liat atau lapangan (dengan 4 batang elektroda) yaitu :

$$\frac{1}{R_{total}} = \frac{1}{R_{bt1}} + \frac{1}{R_{bt2}} + \frac{1}{R_{bt3}} + \frac{1}{R_{bt4}}$$

Dimana : $R_{bt1} = R_{bt2} = R_{bt3} = R_{bt4}$

$$\frac{1}{R_{total}} = \frac{1}{25} + \frac{1}{25} + \frac{1}{25} + \frac{1}{25}$$

$$\frac{1}{R_{total}} = \frac{4}{25}$$

Maka :

$$R_{total} = \frac{25}{4} = 6,25 \Omega$$

Nilai tahanan pentanahan tower T.39 mengalami penurunan dari 25,239 Ohm menjadi 6,25 Ohm dengan penambahan 4 batang elektroda sehingga semakin mendekati nilai perkiraan atau setidaknya dibawah nilai standar maksimum (10 Ohm). Begitu pula dengan penambahan 8 hingga 12 batang elektroda, maka nilai grounding yang ditentukan dari hasil perhitungan akan lebih kecil dari nilai tertinggi yang diperbolehkan.

Secara perhitungan nilai tahanan pentanahan pada T.39 Sungguminasa - Tallasa yang dihitung sesuai rumus didapat nilai sebesar 25 ohm (melebihi standar PLN) dan kemudian dilakukan perbandingan pengukuran menggunakan alat EarthTester di dapat pula nilai 63,3 ohm (selisih perhitungan dengan pengukuran alat sebesar 38,3 ohm). Setelah kami lakukan pemasangan 4 batang elektroda dengan menggunakan metode counterpoise, di dapatkan penurunan nilai tahanan pentanahan sesuai standar PLN (dibawah 10 ohm) yaitu 6,25 ohm (dilakukan melalui perhitungan) kemudian menjadi 0,60 ohm (dilakukan menggunakan alat EarthTester). Selisih Perhitungan dengan perbandingan Pengukuran alat sebesar 5,65 ohm. Sehingga penambahan 4 batang elektroda mampu menurunkan nilai tahanan pentanahan Tower 39 Sungguminasa-Tallasa.

SIMPULAN

Berdasarkan analisa perhitungan dari data yang diperoleh dapat di tarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Dari hasil pengukuran dan penelitian di dapatkan pada sistem pentanahan menggunakan metode counter poise mengakibatkan penurunan nilai tahanan pentanahan pada Tower 39 dari 25 Ω menjadi 6,25 Ω melalui perhitungan rumus dan perbandingannya dilakukan pula pengukuran menggunakan alat EarthTester dari 63,3 Ω menjadi 0,6 Ω .
2. Konfigurasi penanaman 4 elektroda batang mampu mereduksi besarnya tahanan pentanahan pada Tower 39 Sungguminasa – Tallasa.
3. Hasil pentanahan pada T39 Sungguminasa-Tallasa sesuai dengan SPLN yaitu kurang dari 10 Ω . Diharapkan dengan penurunan ground resistance, gangguan flashover disekitar tower 39 akan berhenti, yang akan meningkatkan kinerja ULTG Panakkukang.

DAFTAR PUSTAKA

Arismunandar, A. (1975). *Teknik Tegangan Tinggi*. Pradnya Paramita, Jakarta.

- Ilham, A. M. (2017). Mitigasi Gangguan Transmisi Akibat Sambaran Petir Line Sungguminasa-Maros. *Politeknik Negeri Ujung Pandang*.
- KEPDIR No. 0520/1.K DIR 2014. (2014). *Himp Buku Pedoman dan Asesmen SUTT/SUTET. Saluran Udara Tegangan Tinggi dan Ekstra Tinggi (SUTT/SUTET)*.
- KEPDIR No. 0520/2.K DIR 2014. (2014). *Buku Pedoman Pemeliharaan SUTT/SUTET. Saluran Udara Tegangan Tinggi dan Ekstra Tinggi (SUTT/SUTET)*.
- KEPDIR No. 0520/3.K DIR 2014. (2014). *Buku Pedoman Pemeliharaan Primer GI. Saluran Udara Tegangan Tinggi dan Ekstra Tinggi (SUTT/SUTET)*.
- Kurniawan, H., & Johar, L. W. (2018). STUDI PENTANAHAN KAKI MENARA TRANSMISI 500KV SUMATERA TURUN PERANAP NEW AURDURI. *Journal of Electrical Power Control and Automation (JEPKA)*, 1(2), 45. <https://doi.org/10.33087/jepca.v1i2.10>
- Marsudi, D. (2006). Operasi sistem tenaga listrik. *Yogyakarta: Graha Ilmu*, 8.
- Negara, I. (2013). Teknik tegangan tinggi: prinsip dan aplikasi praktis. (*No Title*).
- Panitia Revisi, P., & Indonesia, L. I. P. (2000). Persyaratan Umum Instalasi Listrik. *Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, Jakarta*.
- Priyono, T. (2019). Analisa Resistansi Elektroda Pentanahan Pada Menara Transmisi 150 kV Pltgu Cilegon–Cilegon Baru. *Elektrokrisna*, 7(2).
- Putra, D. E., & Angga, F. (2018). STUDI SISTEM PENTANAHAN SALURAN UDARA TEGANGAN TINGGI(SUTT) PENGHANTAR 150 KV LUBUK LINGGAU - PEKALONGAN PT. PLN (PERSERO) UNIT PEMBANGKIT DAN TRAMSISI (UPT) BENGKULU. *JURNAL SURYA ENERGY*, 3(1), 220. <https://doi.org/10.32502/jse.v3i1.1253>
- Simatupang, J. W., & Riyanto, A. (2019). Analisis Sistem Pentanahan Jaringan Gardu Induk 150 Kv Pt Bekasi Power Cikarang. *Jurnal Kajian Teknik Elektro*, 4(1), 58–71.
- Tian, C., Zhang, Y., Cai, L., Wang, J., Huang, S., & Wang, Y. (2011). Lightning transient characteristics of a 500-kV substation grounding grid. *2011 7th Asia-Pacific International Conference on Lightning*, 711–715. <https://doi.org/10.1109/APL.2011.6110219>