



Analisa Perbandingan Konduktor ACSR Hawk dan ACCC Amsterdam pada Rekonduktoring SUTET 500 kV di Suralaya-Cilegon

Ujang Wiharja¹, Muhammad Faqih^{2*}

^{1,2}Program Studi Teknik Elektro, Universitas Krisnadwipayana, Indonesia

Email: ujangwiharja@unkris.ac.id¹, Faqih861@gmail.com^{2*}

Alamat: Jalan Raya Jatiwaringin, RT. 03 / RW. 04, Jatiwaringin, Pondok Gede, RT.009/RW.005, Jaticempaka, Kec. Pd. Gede, Kota Bks, Jawa Barat 13077

*Korespondensi Penulis

Abstract: Transmission line reconductoring is one of the strategic solutions to increase the capacity and efficiency of the power system without the need to build new infrastructure. This study aims to analyze and compare the performance of two types of conductors, namely ACSR Hawk and ACCC Amsterdam, used in the Suralaya-Cilegon 500 kV SUTET transmission line. The comparison is carried out by considering technical aspects including power losses, ampacity, horizontal and vertical sag values, and overall energy efficiency. The research methodology involved a literature study, collection of conductor technical data, calculation of resistance, current, and power losses, and simulation of sag values against temperature variations. In addition, economic analysis and field implementation aspects were also considered to assess the feasibility of using each conductor. The results show that Amsterdam's ACCC conductor has superior technical performance compared to Hawk's ACSR. ACCC is capable of delivering currents up to ± 1300 A, compared to ACSR Hawk which is only ± 800 A. The power loss value using ACCC is recorded at ± 1.34 MW, lower than ACSR Hawk at ± 1.79 MW. In addition, ACCC exhibits smaller sag values due to its lighter weight and higher tensile stress, making it more stable against temperature fluctuations. In terms of energy efficiency, the use of ACCC can save energy up to ± 3942 MWh per year. By considering the technical advantages and long-term energy efficiency, this study recommends the use of Amsterdam ACCC as a reconductoring solution for high-voltage transmission lines, especially in systems that have high loads and require maximum reliability and efficiency.

Keywords: ACCC Amsterdam Conductor, ACSR Hawk Conductor, Reconductoring, SUTET 500 kV, Transmission Line

Abstrak: Rekonduktoring saluran transmisi merupakan salah satu solusi strategis untuk meningkatkan kapasitas dan efisiensi sistem tenaga listrik tanpa perlu membangun infrastruktur baru. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dan membandingkan performa dua jenis konduktor, yaitu ACSR Hawk dan ACCC Amsterdam, yang digunakan pada jalur transmisi SUTET 500 kV Suralaya-Cilegon. Perbandingan dilakukan dengan mempertimbangkan aspek teknis meliputi rugi daya (losses), kapasitas hantar arus (ampacity), nilai andongan (sag horizontal dan vertikal), serta efisiensi energi secara keseluruhan. Metodologi penelitian melibatkan studi literatur, pengumpulan data teknis konduktor, perhitungan resistansi, arus, dan rugi-rugi daya, serta simulasi nilai andongan terhadap variasi temperatur. Selain itu, analisis ekonomi dan aspek implementasi di lapangan juga turut diperhatikan untuk menilai kelayakan penggunaan masing-masing konduktor. Hasil penelitian menunjukkan bahwa konduktor ACCC Amsterdam memiliki performa teknis yang lebih unggul dibandingkan ACSR Hawk. ACCC mampu menghantarkan arus hingga ± 1300 A, dibandingkan ACSR Hawk yang hanya ± 800 A. Nilai rugi daya menggunakan ACCC tercatat ± 1.34 MW, lebih rendah dibanding ACSR Hawk sebesar ± 1.79 MW. Selain itu, ACCC menunjukkan nilai andongan (sag) yang lebih kecil karena bobot yang lebih ringan dan tegangan tarik yang lebih tinggi, sehingga lebih stabil terhadap fluktuasi suhu. Dari sisi efisiensi energi, penggunaan ACCC dapat menghemat energi hingga ± 3942 MWh per tahun. Dengan mempertimbangkan keunggulan teknis dan efisiensi energi jangka panjang, penelitian ini merekomendasikan penggunaan ACCC Amsterdam sebagai solusi rekonduktoring untuk jalur transmisi bertegangan tinggi, khususnya pada sistem yang memiliki beban tinggi dan memerlukan keandalan serta efisiensi maksimal.

Kata kunci: Jalur Transmisi, Konduktor ACCC Amsterdam, Konduktor ACSR Hawk, Rekonduktoring, SUTET 500 kV

1. LATAR BELAKANG

Energi listrik merupakan faktor utama dalam mendukung aktivitas industri, terutama di kawasan industri strategis seperti Suralaya-Cilegon. Namun, seiring berjalannya waktu, konduktor eksisting yang digunakan, seperti jenis ACSR (*Aluminium Conductor Steel Reinforced*), menghadapi berbagai tantangan teknis seperti kenaikan suhu operasi, sagging (kendur), dan keterbatasan kapasitas hantar arus (ampasitas). [2]

Rekonduktoring atau penggantian konduktor eksisting dinilai sebagai solusi teknis yang efektif tanpa perlu membangun saluran baru yang membutuhkan biaya besar dan izin lahan yang kompleks. Teknologi konduktor modern seperti ACCC terbukti mampu meningkatkan kapasitas arus hampir dua kali lipat dibanding ACSR sekaligus menurunkan rugi-rugi transmisi hingga 25–40% (*Why Advanced Conductors Don't Use Steel Cores*, 2024). Studi terkini juga menunjukkan bahwa konduktor berbasis komposit seperti ACCC memiliki ampacity tertinggi dibandingkan konduktor tradisional, meskipun masih menghadapi tantangan dari sisi kekuatan mekanis (Wang et al., 2024). Selain itu, analisis sag membuktikan bahwa ACCC dan konduktor low-sag lainnya mampu mengurangi kelendutan hingga 40%, sehingga lebih andal pada kondisi beban tinggi dan suhu ekstrem (Luqman et al., 2020). Penelitian lain yang membandingkan perhitungan sag berbagai tipe konduktor juga menguatkan bahwa pemilihan konduktor berperan penting dalam mengatasi keterbatasan kapasitas, peningkatan losses, serta masalah keamanan right of way (*Transmission Line Sag Calculation...*, n.d.). Bahkan, laporan IEEE Spectrum menegaskan bahwa rekonduktoring dengan ACCC dapat menjadi strategi tercepat dan termurah untuk meningkatkan kapasitas jaringan, menggantikan kebutuhan pembangunan saluran baru (Fairley, 2024).

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dan membandingkan performa konduktor ACSR (*Aluminium Conductor Steel Reinforced*) dan ACCC (*Aluminium Conductor Composite Core*) tipe Amsterdam dalam proyek rekonduktoring pada jalur SUTET 500 kV Suralaya-Cilegon. [5] Data teknis dikumpulkan dari spesifikasi pabrikan, standar perhitungan rekayasa jaringan transmisi, serta studi literatur terkait. Simulasi perbandingan dilakukan untuk melihat seberapa jauh peningkatan performa dan keandalan yang ditawarkan oleh konduktor ACCC dibandingkan dengan ACSR.[5]

2. KAJIAN TEORITIS

Konduktor pada SUTET biasanya menggunakan material seperti: ACSR (Aluminium Conductor Steel Reinforced), AAAC (All Aluminium Alloy Conductor), HTLS (High Temperature Low Sag).[9]

a. Karakteristik Kawasan Industri

Kawasan industri seperti di Suralaya - Cilegon memiliki kebutuhan listrik yang tinggi dan stabil karena:[10]

- 1) Banyaknya pabrik dan industri berat
- 2) Operasional 24 jam
- 3) Beban listrik fluktuatif dan besar

b. Kebutuhan Akan Suplai Listrik yang Andal

Kebutuhan listrik yang meningkat harus diimbangi dengan:[10]

- 1) Saluran transmisi yang kuat
- 2) Kapasitas cadangan daya yang cukup
- 3) Infrastruktur yang mampu beradaptasi dengan pertumbuhan beban

Dalam penelitian ini, landasan teori di atas digunakan untuk mendasari bahwa penggantian konduktor SUTET 500 kV bukan hanya sekadar penggantian fisik, tetapi bagian dari strategi optimalisasi sistem transmisi listrik. Penggantian tersebut diharapkan dapat:[11]

- 1) Mengurangi rugi-rugi daya.
- 2) Meningkatkan keandalan suplai listrik.
- 3) Meningkatkan kapasitas transmisi untuk mendukung kawasan industri strategis seperti Suralaya-Cilegon

Meskipun tidak secara eksplisit menyatakan perlunya tegangan transmisi, pemerintah Indonesia telah menetapkan rangkaian tegangan tinggi seperti yang tertera di bawah ini:[2]

1. Tegangan nominal sistem (kV); 30 - 66 - 110 - 150 - 220 - 220 - 380 - 500
2. Tegangan tertinggi untuk perlengkapan (kV); 36 - 72,5 - 170 - 245 - 420 - 525

A. Komponen Utama Saluran Listrik

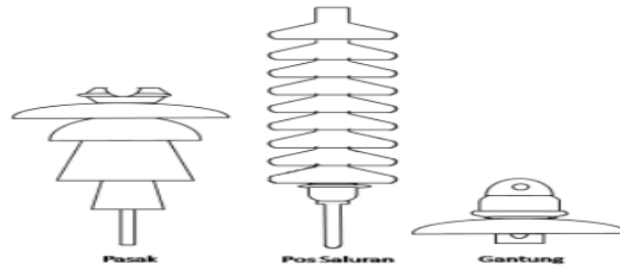
Berikut merupakan komponen-komponen dalam saluran udara:

1. Konduktor

Pada awalnya, jenis kawat penghantar yang sering digunakan untuk jaringan transmisi adalah tembaga dengan tingkat konduktivitas tertinggi 100% (CU 100%), tembaga dengan konduktivitas 97,5% (CU 97,5%), atau aluminium yang memiliki tingkat konduktivitas 61% (Al 61%).[2] Berikut adalah beberapa tipe konduktor yang

digunakan untuk saluran udara; All-Aluminium Conductor (AAC), All-Aluminium-Alloy Conductor (AAAC), Aluminium-Conductor Steel Reinforced (ACSR), Aluminium Conductor Alloy Reinforced (ACAR), Aluminium Conductor Composite Core (ACCC), dan High Voltage Composite Reinforced Conductor (HVCRC).[6]

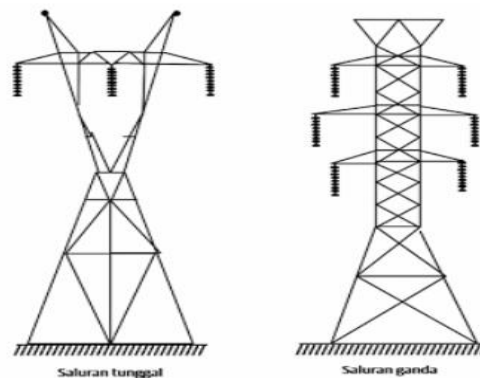
2. Isolator



Gambar 1. Isolator pasak, isolator pos-saluran, dan gantung

Isolator pasak adalah isolator yang dipasang pada bagian atas tiang dan langsung menempel pada penopangnya dengan menggunakan pasak logam. [3]

3. Menara Transmisi (Tower)



Gambar 2. Menara Transmisi saluran tunggal

Menara atau tiang transmisi berfungsi sebagai penyangga bagi saluran transmisi listrik. Struktur ini dapat dibuat dari berbagai bahan seperti baja, beton bertulang, maupun kayu. [10]

4. Kabel Ground (Kawat Petir / *Ground Wire*)

Kabel *ground*, atau dikenal juga sebagai kawat petir, adalah kawat konduktor yang dipasang di bagian paling atas menara transmisi.[2]



Gambar 3. Kabel Ground wire

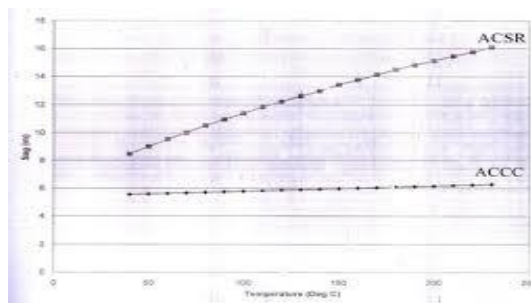
Berikut beberapa fungsi utama dari kabel ground untuk melindungi saluran transmisi dari sambaran petir.[14]

5. Sistem Pentanahan (Grounding System)

Sistem pentanahan adalah rangkaian penghubung antara bagian sistem listrik dan tanah, yang berfungsi sebagai jalur pelepasan arus gangguan seperti petir atau hubung singkat.[15]

B. Konduktor ACSR dan ACCC

Perbedaan mendasar antara konduktor ACSR dan ACCC (Aluminium Conductor Composite Core) terletak pada karakteristik pemuaian saat suhu naik. ACSR, dengan inti baja, mengalami pemuaian yang cukup besar saat suhu meningkat, sehingga membatasi kapasitas arus yang dapat dialirkan.[11] Di bawah ini tersedia grafik yang memperlihatkan perbandingan pemuaian (*expansion*) terhadap kenaikan suhu antara ACSR dan ACCC.[7]



Gambar 4. Grafik perbandingan

Tabel 1. Perbandingan ACSR dengan ACCC

PENGHANTAR		ACSR HAWK	ACCC Amsterdam
Diameter keseluruhan (mm)	Konduktor	21,79	23,55
	Inti	8,01	7,75
Isi keseluruhan (mm)	Konduktor	241,68	371,4
	Inti	39,42	40,1
	Total	281,1	360,4
Berat (kg/km)	Konduktor	670	804,6
	Inti	308	200
	Total	978	880,6
Daya Tarik (kN)	Total	86,65	93,2
Modulus of Elasticity (kg/mm ²)	Konduktor	8360	7040
	Inti	2100	11938
Suhu Maksimum saat Beroperasi (°C)	Terus-menerus	90	180
Kapasitas Arus (A)	Terus-menerus	645	1218

Sumber : Southwire dan CTC Global ACCC (2021)

C. Karakteristik Konduktor ACCC Amsterdam

ACCC (*Aluminium Conductor Composite Core*) adalah jenis konduktor berperforma tinggi yang menggunakan inti komposit karbon-glass (carbon fiber + glass fiber) sebagai pengganti baja pada konduktor ACSR.[1]

1. Spesifikasi Teknis Umum ACCC Amsterdam

Tabel 2. Spesifikasi Teknis Umum ACCC Amsterdam

Parameter	Nilai Perkiraan
Diameter luar	23,55
Resistansi DC @20°C	0.0769 (ohm/km)
Kapasitas arus (Ampacity)	1408
Suhu operasi maksimum	Hingga 180-200°C
Berat total	1113 (kg/km)

Material inti	Carbon + Glass Fiber Composite
Koefisien muai termal inti	Hampir 0 (sangat rendah)

Sumber : CTC Global ACCC (2021)

1. Struktur Konduktor ACCC Amsterdam

Digunakan secara luas dalam jaringan transmisi 150 kV, 275 kV, hingga 500 kV

Digunakan pada jalur yang:

- Beban meningkat tetapi struktur tower lama tetap digunakan, membutuhkan reliabilitas tinggi (misalnya jalur ke pembangkit besar atau pusat beban)
- Berlokasi di daerah beriklim ekstrem atau korosif (laut, industri)



Gambar 5. Konduktor ACCC Amsterdam

Konduktor ini terdiri dari dua bagian utama:

- 1) Lapisan Aluminium (*Outer Layer*): Aluminium 1350-O annealed (lebih lunak dan fleksibel dari ACSR), berfungsi sebagai penghantar arus utama, dan biasanya jumlahnya lebih banyak dibanding acsr (karena tidak perlu banyak ruang untuk baja di tengah).
- 2) Inti Komposit (*Core*): Terbuat dari carbon fiber reinforced with glass, kuat secara mekanik dan ringan, dan koefisien muai termalnya hampir nol → sag sangat kecil meskipun suhu tinggi.

2. Kelebihan Konduktor ACCC Amsterdam

- a) Rugi-rugi Daya Lebih Rendah: Resistansi listrik lebih rendah → rugi daya (I^2R) lebih kecil → efisiensi transmisi meningkat.
- b) Ampacity Tinggi: Bisa menghantarkan arus lebih besar (hingga 2x ACSR Hawk) tanpa overheating.
- c) Rendah Sag (Low Sag): Inti komposit tidak memuai secara signifikan pada suhu tinggi → tetap kencang → mengurangi risiko gangguan jarak bebas ke tanah.
- d) Ringan tapi Kuat: Lebih ringan dari ACSR, tapi tetap punya kekuatan tarik tinggi → cocok untuk rekonduktoring di jalur eksisting (tanpa perlu ubah tower).

4. Kekurangan Konduktor ACCC Amsterdam

- a) Harga Lebih Mahal di Awal: Biaya material dan instalasi lebih tinggi dibanding ACSR biasa.
- b) Butuh Peralatan Khusus saat Pemasangan: Sambungan dan alat penarik harus dirancang khusus karena aluminium lebih lunak dan core komposit butuh perlindungan.
- c) *Lead Time* Lebih Lama: Karena masih tergolong teknologi baru, pengadaan material bisa memakan waktu lebih panjang.

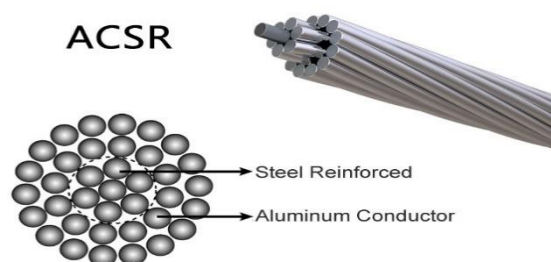
D. Karakteristik Konduktor ACSR Hawk

ACSR Hawk adalah salah satu tipe dari konduktor ACSR (*Aluminium Conductor Steel Reinforced*) yang memiliki ukuran penampang 477 kcmil. Konduktor ini terdiri dari aluminium sebagai penghantar utama dan inti baja sebagai penguat mekanis. Konduktor ACSR Hawk banyak digunakan dalam sistem transmisi 150 kV hingga 275 kV, dan pada beberapa sistem distribusi tegangan tinggi karena kombinasi daya hantar dan kekuatan tariknya yang baik.[5]

1. Struktur ACSR Hawk

Konduktor ini terdiri dari:

- 26 kawat aluminium (Al 1350-H19): sebagai penghantar utama listrik.
- 7 kawat baja (Galvanized Steel Core): memberikan kekuatan mekanis.
- Bentuknya tersusun konsentris (spiral), dengan aluminium di luar dan baja di tengah.



Gambar 6. Conductor ACSR Hawk

Digunakan secara luas dalam jaringan transmisi 150 kV di Indonesia. Cocok untuk:

- Jalur transmisi lama yang masih aktif.
- Proyek transmisi di daerah non-pesisir serta infrastruktur dengan anggaran terbatas.

2. Kelebihan Konduktor ACSR Hawk

- a) Harga Terjangkau: Ekonomis dibanding konduktor modern seperti ACCC atau ACSS.
- b) Kekuatan Tarik Tinggi: Inti baja memberikan kemampuan tarik yang besar→cocok untuk bentangan panjang atau daerah berbukit/pegunungan.
- c) Umum dan Familiar: Telah digunakan secara luas→teknisi PLN, instalator, dan supplier memahami metode pemasangannya.

3. Kekurangan Konduktor ACSR Hawk

- a) Kapasitas Arus Terbatas: Suhu operasi maksimum hanya $\pm 90-100^{\circ}\text{C}$. Melebihi ini akan menyebabkan kerusakan pada aluminium.
- b) Sag (Kekenduran) Tinggi: Koefisien muai termal tinggi menyebabkan konduktor mudah kendur pada suhu tinggi → risiko jarak bebas ke tanah terganggu.
- c) Rugi-rugi Daya Lebih Tinggi: Resistansi relatif besar, menyebabkan daya hilang lebih banyak dalam bentuk panas.

3. METODE PENELITIAN

Adapun tahapan-tahapan ataupun metode yang dilakukan dalam penelitian sebagai berikut :

1. Studi Pustaka

Dalam konteks penelitian ini, studi pustaka dilakukan untuk memperoleh landasan teori dan informasi teknis yang mendalam terkait karakteristik konduktor ACSR Hawk dan ACCC Amsterdam, Referensi yang digunakan meliputi standar teknis konduktor, jurnal ilmiah yang membahas efisiensi dan performa konduktor pada sistem transmisi tegangan tinggi, serta regulasi terkait efisiensi energi dan batasan tegangan. [6]

2. Observasi Lapangan

Observasi dilakukan untuk mendapatkan data teknis aktual dari lapangan, termasuk data sebelum dan sesudah rekonduktoring pada jalur transmisi Suralaya-Cilegon. Data ini mencakup spesifikasi teknis konduktor yang digunakan, profil jalur, kondisi eksisting, serta data operasional seperti arus, tegangan, dan suhu operasi.[3]

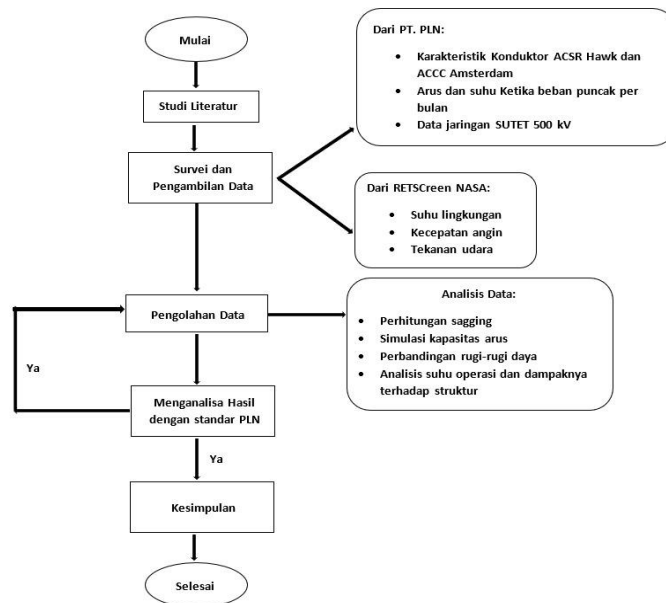
3. Analisis Deskriptif

Analisis dilakukan dengan cara membandingkan performa dua jenis konduktor (ACSR Hawk dan ACCC Amsterdam) berdasarkan data lapangan dan literatur. Penelitian menganalisis besar rugi-rugi daya, tingkat efisiensi, dan kestabilan tegangan

pada sistem transmisi 500 kV. Hasil analisis menggambarkan keunggulan masing-masing konduktor dalam konteks penggunaan pada jalur SUTET Suralaya-Cilegon, serta mengevaluasi dampaknya terhadap sistem kelistrikan berdasarkan Peraturan Menteri ESDM No. 18 Tahun 2016, yang mengatur tentang standar tegangan dan performa sistem transmisi.[6]

A. Diagram Alir Penelitian

Flowchart berfungsi untuk menggambarkan secara visual langkah-langkah atau rangkaian kegiatan yang berlangsung dalam sebuah penelitian atau proses.[13]



Gambar 7. Diagram Alir Penelitian

B. Perancangan Penelitian

Perancangan penelitian ini disusun guna menganalisis dan membandingkan performa konduktor ACSR Hawk dan ACCC Amsterdam dalam proyek rekonduktoring saluran transmisi SUTET 500 kV pada jalur Suralaya-Cilegon. [18]

1) Objek dari penelitian : [6]

- Konduktor ACSR Hawk (konduktor konvensional berbahan inti baja)
- Konduktor ACCC Amsterdam (konduktor modern berbasis inti komposit)
- Jalur transmisi SUTET 500 kV antara Gardu Induk (GI) Suralaya dan Cilegon

2) Variabel Penelitian

- a) Variabel bebas: Jenis konduktor (ACSR Hawk dan ACCC Amsterdam)
- b) Variabel terikat:[6] Rugi-rugi daya (*Power Loss*),Profil tegangan (*Voltage Profile*),Nilai andongan (*Sag*), dan Kapasitas arus hantar (*Ampacity*).

3) Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dan membandingkan kinerja teknis kedua konduktor (ACSR Hawk dan ACCC Amsterdam) dalam aspek: besarnya rugi-rugi daya, nilai tegangan bus, dan nilai andongan (sag).

C. Perhitungan Rugi-rugi Daya

1) Menghitung Resistansi Konduktor (R)

Resistansi dihitung dengan rumus:

$$R = \rho \frac{L}{A} \quad (1)$$

Keterangan:

R = Resistansi (Ohm)

ρ = Resistivitas bahan (Ohm·mm²/m)

L = Panjang konduktor (meter)

A = Luas penampang efektif konduktor (mm²)

Tabel 3. Nilai Standar Resistansi

Konduktor	Resistansi AC (Ohm/km)	Ket
ACSR Hawk	0,229 Ohm/km	SNI/IEEE Standard
ACCC Amsterdam	0,172 Ohm/km	CTC Global

Sumber : SNI/IEEE Standard dan CTC Global (2021)

Untuk panjang 12,18 kmr = 12.180 m, luas penampang efektif konduktor ACSR Hawk 240 mm² dan ACCC Amsterdam 251 mm² total resistansi:

- Resistansi ACSR Hawk = $R = \rho \frac{L}{A} = 0,229 \frac{12.180}{240} = \frac{2789}{240} = 11,6217 \Omega$ (2)

- Resistansi ACCC Amsterdam = $R = \rho \frac{L}{A} = 0,172 \frac{12.180}{251} = \frac{2095}{251} = 8,3466$ (3)

Kesimpulan :

Nilai resistansi konduktor ACSR Hawk lebih besar dibandingkan dengan konduktor ACCC Amsterdam untuk panjang lintasan 12,18 km: ACSR Hawk 11,6217 Ω dan ACCC Amsterdam 8,3466 Ω . Luas penampang efektif yang lebih besar pada ACCC Amsterdam (251 mm²) dibandingkan ACSR Hawk (240 mm²) berkontribusi terhadap resistansi yang lebih kecil.

2) Menghitung Arus dan Rugi Daya (P_{loss})

Tabel 4. Nilai standar Ampacity

Konduktor	Suhu Operasi Max	Kapasitas Hantar Arus
ACSR Hawk	90 °C	±700–800 A
ACCC Amsterdam	160–180 °C	±1100–1300 A

Berdasarkan datasheet standar:

- ACSR Hawk: ±700-800 A (pada suhu operasi 90 °C)

- ACCC Amsterdam: ±1100-1300 A (pada suhu operasi 160-180 °C)

Rumus dasar rugi-rugi daya resistif adalah:

$$P_{\text{loss}} = I^2 \times R \times L \quad (4)$$

Keterangan:

P_{loss} : Rugi daya (Watt)

I : Arus (Ampere)

R : Resistansi konduktor (Ohm/km)

L : Panjang saluran (km)

Data Diketahui:

Panjang saluran (L) : 12,18 kmr

Arus (I) : 800 A

Resistansi ACSR : 0,229 Ohm/km

Resistansi ACCC : 0,172 Ohm/km

1) Rugi daya untuk ACSR Hawk:

$$P_{\text{loss}} = 800^2 \times 2,789 = 1.785.000 \text{ Watt} = 1,79 \text{ MW} \quad (5)$$

2) Rugi daya untuk ACCC Amsterdam:

$$P_{\text{loss}} = 800^2 \times 2,094 = 1.339.000 \text{ Watt} = 1,34 \text{ MW} \quad (6)$$

3) Penghematan Energi:

$$\text{Selisih rugi daya} = 1,79 \text{ MW} - 1,34 \text{ MW} = 0,45 \text{ MW}$$

$$\text{Energi yang dihemat per hari} = 0,45 \text{ MW} \times 24 \text{ jam} = 10,8 \text{ MWh/hari}$$

Tabel 5. Perbandingan rugi daya dan hemat energi ACSR HAWK dan ACCC Amsterdam

Konduktor	Resistansi (Ohm/km)	Rugi Daya (MW)	Hemat Energi per Hari (MWh)
ACSR Hawk	0,229	1,79	-
ACCC Amsterdam	0,172	1,34	10,8

Sumber : SNI/IEEE Standard dan CTC Global (2021)

Berdasarkan data dalam Tabel 5 yang membandingkan nilai resistansi, rugi daya, dan penghematan energi antara konduktor ACSR Hawk dan ACCC Amsterdam, dapat disimpulkan beberapa poin penting sebagai berikut:

1. Perbedaan Nilai Resistansi

Konduktor ACCC Amsterdam memiliki resistansi lebih rendah yaitu 0,172 Ohm/km dibandingkan dengan ACSR Hawk sebesar 0,229 Ohm/km. Perbedaan resistansi ini menunjukkan bahwa ACCC Amsterdam lebih efisien dalam menghantarkan arus listrik karena hambatan listrik yang lebih kecil.

2. Rugi Daya Lebih Kecil

Rugi daya pada konduktor ACCC Amsterdam sebesar 1,34 MW, lebih rendah dibandingkan 1,79 MW pada konduktor ACSR Hawk. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan ACCC Amsterdam dapat mengurangi rugi daya transmisi sebesar 0,45 MW, yang berarti efisiensi sistem tenaga meningkat secara signifikan.

3. Penghematan Energi yang Signifikan

Dengan asumsi operasi saluran selama 24 jam per hari, pengurangan rugi daya sebesar 0,45 MW menghasilkan penghematan energi sebesar 10,8 MWh per hari jika menggunakan ACCC Amsterdam.

D. Analisis Sag Andongan

Rumus Perhitungan Sag

$$D = \frac{w.L^2}{8.T} \quad (7)$$

Keterangan:

D = Sag (m)

w = Berat konduktor per satuan panjang (N/m)

L = Panjang bentang antar tower (m)

T = Tegangan tarik horizontal (N)

Tabel 6. Data ACSR Hawk dan ACCC Amsterdam

Parameter	ACSR Hawk	ACCC Amsterdam
Berat konduktor (kg/m)	1,096	1,180
Tegangan tarik	2.026 kgf $\approx$ 19.872N	2.216 kgf $\approx$ 21.741N
Panjang bentang (L)	400 meter (rata-rata)	400 meter (rata-rata)

Sumber: SNI/IEEE Standard dan CTC Global (2021)

1) Konduktor ACSR Hawk:

Berat: 1,096 kg/m = 10,75 N/m

Tegangan tarik: 19,872 N

Sag :

$$D = \frac{10,75 \times (400)^2}{8 \times 19,872} = \frac{1.720.000}{158.976} = 10,82 \text{ m} \quad (8)$$

2) Konduktor ACSR Amsterdam:

Berat: 1,180 kg/m = 11,58 N/m

Tegangan tarik: 21,741 N

Sag:

$$D = \frac{11,58 \times (400)^2}{8 \times 21,741} = \frac{1.852.800}{173.928} = 10,65 \text{ m} \quad (9)$$

Analisis dan Interpretasi:

- ACCC Amsterdam memiliki nilai sag yang lebih kecil dibandingkan ACSR Hawk.
- Sag yang lebih kecil meningkatkan jarak bebas terhadap tanah dan keselamatan sistem.
- Sag juga dipengaruhi oleh suhu, karena pemuaian termal konduktor.

Analisis sag menunjukkan bahwa penggunaan konduktor ACCC Amsterdam memberikan performa mekanis yang lebih baik dibandingkan ACSR Hawk dalam hal andongan.

E. Simulasi kapasitas arus

Simulasi kapasitas arus (ampacity) bertujuan untuk mengetahui kemampuan konduktor dalam menghantarkan arus secara *continue* tanpa melebihi batas suhu operasi maksimum.[22] Energi Masuk: Panas akibat arus (I^2R losses), dan Energi Keluar: Konveksi alami atau paksa dan Radiasi ke lingkungan.

A. Rumus Dasar Perhitungan Ampacity

$$I = \frac{\sqrt{Q_{total}}}{R} \quad (10)$$

Tabel 7. Spesifikasi dan Data Ampacity

Parameter	ACSR Hawk	ACCC Amsterdam
Diameter	14,15 mm	±14,15 mm
Suhu Operasional Maks	90 °C	160-180 °C
Ampacity (±)	700-800 A	1100-1300 A
Berat	±1,096 kg/m	±1,18 kg/m
Material Inti	Baja	Komposit karbon-glass
Emisivitas (ε)	±0,5	±0,9

Sumber : SNI/IEEE Standard dan CTC Global (2021)

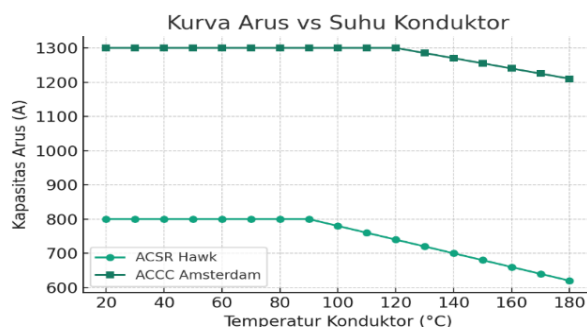
B. Lingkungan simulasi menggunakan data RETScreen Januari-Juli 2025 wilayah Suralaya-Cilegon:

- Suhu rata-rata: ±27,2 °C
- Kecepatan angin: ±1,83 m/s
- Tekanan udara: ±1010 hPa.

Berdasarkan data ini:[19]

- ACSR Hawk mengalami pembatasan pada arus sekitar 750 A untuk menjaga suhu di bawah 90 °C
- ACCC Amsterdam dapat menghantarkan hingga ±1250 A tanpa melampaui suhu 160 °C

C. Kurva Arus Vs Suhu Konduktor



Gambar 9. Kurva Arus Vs Suhu Konduktor

Grafik menunjukkan bahwa ACSR Hawk mengalami penurunan ampacity signifikan setelah melewati suhu 90 °C, sedangkan ACCC Amsterdam tetap mampu menghantarkan arus besar hingga suhu 160-180 °C.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bagian ini telah dilakukan pembahasan hasil penelitian yang bertujuan untuk menganalisis dan membandingkan performa dua jenis konduktor, yaitu ACSR Hawk dan ACCC Amsterdam, dalam konteks pekerjaan rekonduktoring pada jalur transmisi SUTET 500 kV Suralaya-Cilegon.[18]

Pembahasan ini mencakup perbandingan dari berbagai aspek teknis, antara lain:

- a) Kapasitas hantar arus (*ampacity*)
- b) Nilai sag (andongan) pada berbagai kondisi suhu
- c) Efisiensi konduktor terhadap rugi-rugi daya (*losses*)
- d) Karakteristik termal dan mekanik masing-masing konduktor
- e) Selain itu, juga akan dikaji potensi peningkatan keandalan dan efisiensi sistem transmisi apabila dilakukan penggantian dari ACSR Hawk ke ACCC Amsterdam.

A. Perbandingan Spesifikasi Teknis

Tabel 8. Perbandingan Spesifikasi Teknis Kedua Konduktor

Parameter	ACSR Hawk	ACCC Amsterdam
Inti Konduktor	Baja galvanis	Komposit karbon-glass
Suhu Operasi Maks	90 °C	160-180 °C
Kapasitas Arus (Ampacity)	±750-800 A	±1100-1300 A
Nilai Sag	Lebih besar	Lebih kecil

Sumber : SNI/IEEE Standard, OmniCable, dan CTC Global (2022)

Tabel ini menampilkan perbedaan karakteristik teknis utama masing-masing parameter dalam tabel dijelaskan sebagai berikut:[3]

1. Inti Konduktor

ACSR Hawk menggunakan inti baja galvanis sehingga lebih rentan mengalami perpanjangan saat suhu meningkat, dan ACCC Amsterdam menggunakan inti komposit karbon-glass yang ringan sehingga lebih stabil pada suhu tinggi dan tidak mudah melar.

2. Suhu Operasi Maksimum

ACSR Hawk hanya dapat dioperasikan hingga 90 °C karena keterbatasan material intinya dan ACCC Amsterdam dirancang untuk bekerja hingga 160-180 °C,

menjadikannya cocok untuk sistem transmisi yang padat beban tanpa meningkatkan nilai sag secara berlebihan.

3. Kapasitas Arus (Ampacity)

ACSR Hawk hanya mampu menghantarkan arus sekitar 750-800 A, dan ACCC Amsterdam dapat menghantarkan arus jauh lebih besar yaitu 1100-1300 A sehingga sangat efektif untuk meningkatkan kapasitas daya sistem transmisi tanpa perlu membangun saluran baru.

4. Nilai Sag

Nilai sag ACSR Hawk lebih besar, apalagi pada suhu tinggi, yang berpotensi mengganggu jarak aman terhadap tanah dan instalasi di bawahnya, dan ACCC Amsterdam menghasilkan sag yang lebih kecil, karena faktor koefisien muai rendah dan ketahanan termal tinggi, sehingga lebih aman secara operasional.[19]

B. Analisis Perbandingan Sag (Andongan)

Tabel 9. Analisis Perbandingan

Jenis Sag	ACSR Hawk (m)	ACCC Amsterdam (m)
Horizontal	10,82	10,65
Vertikal	15,82	15,65

Sumber : LZ Cable dan UPT Cilegon (2025)

Tegangan tarik ACCC Amsterdam yang lebih besar, memungkinkan konduktor ditarik lebih tegang tanpa risiko putus, dan material inti ACCC yang berbahan komposit karbon-glass, memiliki modulus elastisitas lebih tinggi, sehingga lebih kaku dan tidak mudah melengkung. [10]

C. Analisis Rugi-Rugi Daya

Rugi-rugi daya (power losses) pada sistem transmisi adalah energi listrik yang hilang selama proses penghantaran dari pembangkit ke beban akibat resistansi penghantar (konduktor). Jenis rugi daya yang paling dominan pada saluran udara adalah rugi daya resistif (I^2R losses). [10]

a. Tabel Perbandingan

Tabel 11. Perbandingan Analisis Rugi Daya

Konduktor	Rugi Daya (MW)	Efisiensi Lebih Baik
ACSR Hawk	1,79	✗
ACCC Amsterdam	1,34	✓

Sumber : LZ Cable, Emta ACCC, dan UPT Cilegon (2025)

Penggunaan ACCC Amsterdam mampu mengurangi rugi daya sebesar 0,45 MW, atau sekitar 25% lebih hemat dibandingkan ACSR Hawk. Dalam satu hari (24 jam), potensi penghematan energi:

$$0,45\text{MW} \times 24\text{jam} = 10,8\text{MWh/hari} \quad (11)$$

Dalam satu tahun:

$$10,8 \times 365 = 3.942\text{MWh/tahun} \quad (12)$$

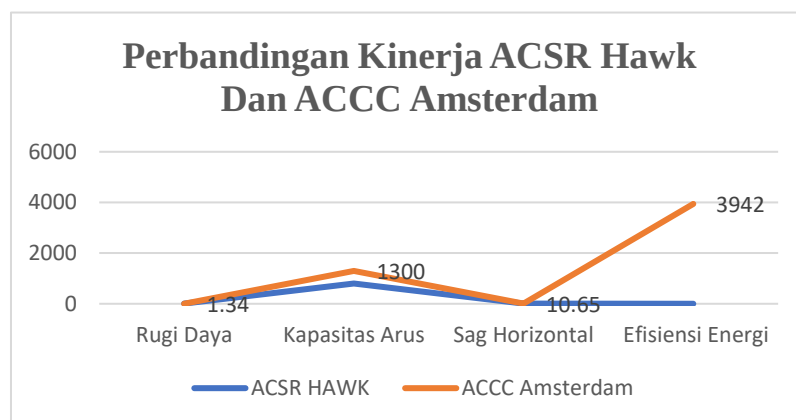
b. Implikasi Ekonomi

Rugi daya menurun → biaya operasi lebih rendah. Energi yang sebelumnya hilang bisa dimanfaatkan atau dijual. Dengan resistansi yang lebih rendah dibandingkan ACSR Hawk, ACCC Amsterdam terbukti lebih efisien dan ekonomis dalam jangka panjang.[3]

Simulasi perhitungan menunjukkan bahwa:[11]

- Rugi daya ACSR Hawk: Lebih tinggi, terutama pada beban puncak
- Rugi daya ACCC Amsterdam: Turun hingga 25%

D. Implikasi Hasil Penelitian



Gambar 10. Perbandingan Kinerja ACSR Hawk dan ACCC Amsterdam

Empat aspek teknis yang dibandingkan antara lain:

1. Rugi Daya (MW): ACCC Amsterdam menunjukkan rugi daya yang lebih rendah dibanding ACSR Hawk, yang berarti efisiensi energi lebih tinggi.
2. Kapasitas Hantar Arus (Ampacity): ACCC Amsterdam mampu menghantarkan arus lebih besar dibanding ACSR Hawk, sehingga cocok untuk kebutuhan beban yang meningkat.
3. Sag Horizontal (m): Nilai sag atau andongan ACCC lebih rendah, yang berarti stabil terhadap peningkatan suhu dan menjaga jarak aman ke tanah.
4. Efisiensi Energi (MWh/tahun): ACCC menunjukkan efisiensi energi yang signifikan, mampu menghemat hampir 4.000 MWh per tahun dibanding ACSR Hawk.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis, simulasi, dan perbandingan antara dua jenis konduktor-ACSR Hawk dan ACCC Amsterdam-dalam konteks proyek rekonduktoring jalur transmisi SUTET 500 kV di Suralaya-Cilegon, diperoleh berbagai temuan yang signifikan dalam aspek teknis dan efisiensi energi.[4]: (1). Efisiensi Energi Lebih Tinggi Konduktor ACCC Amsterdam menghasilkan rugi daya yang lebih rendah dibandingkan ACSR Hawk, yaitu ± 1.34 MW vs ± 1.79 MW, sehingga meningkatkan efisiensi jaringan transmisi. (2). Kapasitas Hantar Arus Lebih Besar ACCC Amsterdam memiliki ampacity lebih tinggi (± 1300 A) dibandingkan ACSR Hawk (± 800 A), yang membuatnya lebih andal dalam menghadapi pertumbuhan beban listrik ke depan. (3). Nilai Sag Lebih Stabil Baik nilai sag horizontal maupun vertikal ACCC lebih rendah dibandingkan ACSR Hawk. Hal ini disebabkan oleh struktur material ACCC yang menggunakan inti komposit ringan dan kuat, sehingga lebih tahan terhadap perubahan suhu. (4). Efisiensi Operasional Jangka Panjang ACCC Amsterdam menunjukkan penghematan energi signifikan hingga ± 3942 MWh per tahun, yang berdampak pada pengurangan biaya operasional dan kerugian sistem secara keseluruhan.

B. Saran

Berdasarkan hasil temuan dan kesimpulan yang diperoleh dari penelitian ini, terdapat beberapa saran sebagai berikut: (1). Rekomendasi Penggunaan ACCC Amsterdam Untuk proyek rekonduktoring saluran transmisi bertegangan tinggi seperti di Suralaya-Cilegon, penggunaan konduktor ACCC Amsterdam sangat disarankan, terutama dalam konteks peningkatan efisiensi energi dan keandalan sistem. (2). Perlu Kajian Ekonomi yang Lebih Luas Diperlukan kajian lanjutan yang lebih menyeluruh mengenai biaya siklus hidup (*life*

cycle cost) agar dapat menunjukkan keunggulan ACCC secara ekonomis dibandingkan ACSR Hawk.

DAFTAR REFERENSI

- Agustian, D., Aribowo, D., & Row, W. (2024). Pemeliharaan jaringan distribusi saluran udara tegangan menengah (SUTM) 20 kV dengan metode right of way (ROW) di PT PLN (Persero) ULP Serang. *Jurnal Teknik Elektro dan Teknologi Informasi*, 12(3). <https://doi.org/10.23960/jitet.v12i3S1.5413>
- Balaraja, S. K. V., Nugroho, B., Romadhon, E. S., & Isfahani, M. N. (2022). Analisis risiko konstruksi pada pekerjaan pembangunan SUTET 500 kV Balaraja–Kembangan. *Jurnal Teknik Sipil-Arsitektur*, 21(1), 44–53. <https://doi.org/10.54564/jtsa.v21i1.129>
- Fairley, P. (2024). A faster, cheaper way to double power line capacity. *IEEE Spectrum*. <https://spectrum.ieee.org/grid-enhancing-technologies>
- Furqaranda, R., Purba, D. Y., & Suwarno, S. (2020). Pengaruh temperatur lingkungan terhadap andongan dan kekuatan tarik konduktor jenis ACCC Lisbon di KNO Sumut. *Jurnal Mesin Elektro Sipil (MESIL)*, 1(2), 81–89. <https://doi.org/10.53695/jm.v1i2.100>
- Handayani, O., Darmana, T., & Widyastuti, C. (2019). Analisis perbandingan efisiensi penyaluran listrik antara penghantar ACSR dan ACCC pada sistem transmisi 150 kV. *Energi & Kelistrikan*, 11(1), 37–45. <https://doi.org/10.33322/energi.v11i1.480>
- Iqbal, M., & Armono, H. D. (2023). Pemakaian temporary tower untuk optimalisasi penyelesaian rekonduktoring dan penggantian tower saluran udara tegangan tinggi (SUTT) 150 kV. *Rekayasa*, 16(2), 257–264. <https://doi.org/10.21107/rekayasa.v16i2.21105>
- Joedo, L. A. (2020). Peningkatan batas aman induksi elektromagnetik saluran udara tegangan ekstra tinggi (SUTET) 500 kV bagi kesehatan manusia berdasarkan Peraturan Menteri ESDM No. 18 Tahun 2015 juncto No. 2 Tahun 2019. *KILAT*, 9(1), 49–56. <https://doi.org/10.33322/kilat.v9i1.780>
- Luqman, H. M., Baharom, M. N. R., Jamail, N. A. M., Othman, N. A., Abd. Rahman, R., Yousof, M. F. M., & Ullah, I. (2020). Conductor sag comparison for 132 kV overhead transmission line improvement in Malaysia. *Bulletin of Electrical Engineering and Informatics*, 9(1), 39–47. <https://doi.org/10.11591/eei.v9i1.1863>
- Octary, W., Eteruddin, H., & Tanjung, A. (2020). Susut tegangan pada penghantar ACCC di saluran transmisi 150 kV di PT. PLN (Persero) Unit Pelayanan Transmisi Pekanbaru. *SainETIn*, 5(1), 1–7. <https://doi.org/10.31849/sainetin.v5i1.6275>
- Pratama, L. Y., Gianto, R., & Arsyad, M. I. (2022). Analisa perbandingan konduktor ACSR dan ACCC saluran transmisi tegangan tinggi 150 kV pada sistem khatulistiwa. *Jurnal Teknik Elektro Universitas Tanjungpura*, 10(18), 1–9. <https://jurnal.untan.ac.id/index.php/jteuntan/article/view/55592>
- Pratama, R. B., Wibowo, P., & Anisah, S. (2025). Analisis pengaruh penggantian konduktor pada saluran udara tegangan menengah 20 kV terhadap drop tegangan di PT PLN (Persero) UP3 Bangkinang. *Jurnal Pembangunan Infrastruktur*, 5(2), 803–812. <https://doi.org/10.54082/jupin.1361>

- Roza, I., Ananda, Y., Siregar, L. A., & Nasution, A. A. (2021). Analisa energi terselamatkan SUTT 150 kV tanpa pemadaman di PT PLN (Persero) Unit Pelayanan Transmisi (UPT) Medan. *Jurnal Teknik Elektro*, 3(2), 77–84.
- Rozi, N. F. (2024). Studi analisa daya untuk kelayakan pekerjaan uprating gardu induk 150 kV Embalut Kalimantan Timur. *Jurnal Energi dan Listrik*, 2(5), 308–318.
- Sajayasa, I., Widharma, I. S., Narottama, A., Sunaya, I. N., & Suputra, I. A. (2022). Analisis pengaruh penggantian konduktor AAAC ke MVTIC pada penyulang Kerambitan berbasis software ETAP. *Jurnal Ilmiah Vastuwidya*, 5(1), 99–104. <https://doi.org/10.47532/jiv.v5i1.415>
- Slamet, P., Widagdo, R. S., & Hariadi, B. (2025). Study of ACSR conductor characteristics on power losses and voltage drop in 500 kV transmission lines: A case study at Krian–Ungaran. *Wahana*, 77(1), 65–80. <https://doi.org/10.36456/wahana.v77i1.10315>
- Transmission line sag calculation with ampacities of different conductors*. (n.d.). Springer Professional.
- Triandhiano Bagus, R., & Irawan, D. (2023). Analisis perbaikan jatuh tegangan pada sistem transmisi 150 kV Gardu Induk Cerme menggunakan aplikasi DigSilent. *Jurnal Ampere*, 8(1), 10–21. <https://doi.org/10.31851/ampere.v8i1.11635>
- Wahana, P., & Oetomo, P. (2023). Analisis penggantian lightning arrester bay trafo 3 Gardu Induk 150 kV Gandul. *Sinusoida*, 25(2), 35–40. <https://doi.org/10.37277/s.v25i2.1926>
- Wang, Y., Zhang, P., Liu, J., Liu, J., Wu, G., & Sun, C. (2024). Research progress of overhead conductors with carbon-fiber composite core. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 121, 561–578. <https://doi.org/10.1007/s00170-023-12890-0>
- Why advanced conductors don't use steel cores. (2024). *CTC Global White Paper*. CTC Global.