

Fiberglass Reinforced Pole Untuk Percepatan Pembangunan Infrastruktur Ketenagalistrikan pada Lokasi Terpencil dan Kepulauan Indonesia

Henri Firdaus ¹⁾, Aulia Kurniawan ²⁾, Bravel Henri A S ³⁾, Ari Sihrahmat ⁴⁾, Eko Djulianto ⁵⁾

^{1),2),3),4),5)} PT PLN (Persero) Unit Pelaksana Pelayanan Pelanggan Kediri
Email : henri@pln.co.id

Abstrak. 95% sistem distribusi tenaga listrik di PLN luar Jawa menggunakan Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM) sistem distribusi 20kV pada kondisi alam yang curam/terjal, lahan gambut, abrasi sering sekali menyebabkan tiang listrik SUTM yang selama ini digunakan yaitu Tiang beton & Tiang besi sering mengalami kemiringan, tenggelam, roboh, patah dan keropos akibat kondisi alam yang basah dan lembab. Dan disamping itu pada kondisi tertentu kami mengalami kesulitan dalam pergantian tiang beton karena bobotnya mencapai 1 Ton untuk tiang tipe 12m 350 daN. Topografi yang curam menyulitkan petugas menggunakan alat bantu pada prosesnya bahkan alat bantu tersebut tidak dapat masuk ke lokasi pemulihan gangguan. Kekurangan tiang besi tentunya akan mengalami keropos akibat kondisi alam seperti di Provinsi Aceh yang didominasi pesisir pantai, lahan gambut dan kepulauan serta bobotnya pun masih cukup berat hingga butuh 10-12 orang pekerja. Dari kondisi inilah timbul ide untuk membuat sebuah Tiang dari bahan baku yang lebih ringan dengan kekuatan yang tidak kalah dengan beton dan besi pada lokasi dimana mobil crane tidak bisa menjangkau. Tiang Fiberglass Reinforced Composite ini telah diproduksi sebanyak 1 unit dengan tipe Tiang 12 Meter (350 daN) yang sama persis ukurannya dengan Tiang Beton dengan bobot tiang 70% lebih ringan yaitu 300 kg.

Kata kunci: tiang, sutm, fiberglass.

1. Pendahuluan

1.1. Latar Belakang

Kondisi topografi wilayah kerja PT PLN (Persero) membentang dari sabang sampai merauke. Wilayah kepulauan yang membentang luas sangat bervariasi terdiri dari dataran rendah, bergelombang, berbukit, bergambut, abrasi hingga pegunungan. Data statistik menunjukkan topografi dengan tingkat kemiringan sangat curam/terjal mencapai 63.45%, sedangkan berupa dataran hanya sekitar 34,66% dengan kemiringan lahan dominan adalah pada kemiringan kemiringan ³ 40% dengan luas 254.138.39 ha dan terkecil kemiringan 8-15% seluas 175.04 hektare selebihnya tersebar pada berbagai tingkat kemiringan. Dilihat dari ketinggian tempat (di atas permukaan laut) ketinggian 0-25 meter memiliki luas terbesar yakni 152.648 hektare (38,11%) dan terkecil adalah ketinggian 25-00 meter seluas 39.720 hektare (9,92%).



Gambar 1. Pemulihan Kelistrikan Aceh Singkil Pasca Bencana Banjir November 2016 ^[1]

PT PLN (Persero) dengan sekitar 95% sistem distribusi tenaga listrik menggunakan Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM) / sistem distribusi 20kV pada kondisi alam yang curam/ terjal, lahan gambut, abrasi sering sekali menyebabkan tiang SUTM yang selama ini digunakan yaitu Tiang beton & Tiang besi sering mengalami kemiringan, tenggelam, roboh, patah dan keropos akibat kondisi alam yang basah dan lembab. Dan disamping itu pada kondisi tertentu kita mengalami kesulitan dalam pergantian tiang beton karena bobot nya mencapai 1 Ton untuk tiang tipe 12m 350 daN. Topografi yang curam menyulitkan petugas menggunakan alat bantu pada prosesnya bahkan alat bantu tersebut tidak dapat masuk ke lokasi pemulihan gangguan. Kekurangan tiang besi tentunya akan mengalami keropos akibat kondisi alam seperti di aceh singkil yang didominasi pesisir pantai, lahan gambut dan kepulauan serta bobotnya pun masih cukup berat hingga butuh 10-12 orang pekerja.

Dalam hal ini kinerja PT PLN (Persero) terutama Key Performance Indicator (KPI) untuk SAIDI, Recovery Time, dan Gangguan penyulang per 100 kms menjadi tantangan tersendiri mengingat klimatologi pesisir pantai barat sumatera dengan banyak hujan badai disertai petir dan kondisi hutan gunung leuser yang gundul menyebabkan seringnya tanah longsor dan banjir badang. Dan untuk mengejar KPI Pertumbuhan Pelanggan, Rupiah Pendapatan, Kecepatan Pasang Baru pun penanaman tiang beton menimbulkan masalah lagi seperti lokasi jalan yang belum keras, jembatan yang belum selesai dibangun, perluasan jaringan yang melewati kawasan curam, jurang, terjal, gambut dan pesisir pantai PLN pun memiliki pelanggan di kepulauan yang terbatas transportasi lautnya. Dari kondisi inilah timbul ide untuk membuat sebuah Tiang dari bahan baku yang lebih ringan dengan kekuatan yang tidak kalah dengan beton dan besi untuk percepatan pemulihan gangguan akibat banjir & longsor, lokasi tanah gambut, lokasi dimana mobil crane tidak bisa menjangkau, pegunungan/ bukit curam, pesisir pantai, tanah abrasi.

1.2. Tujuan

Maksud dari inovasi tiang dengan bahan baku ringan tetapi handal ini sebagai solusi baru yang inovatif untuk material tiang yang lebih ringan, handal, dan cepat dalam implementasi serta tahan semua tantangan cuaca dan iklim serta cocok untuk topografi, hidrologi dan struktur geologi di Indonesia serta memenuhi persyaratan tujuan yaitu:

- Mudah dan cepat dipasang dengan atau tanpa mobil Crane
- Bobot ringan maksimal 300kg – 350kg
- Tahan Korosi dan Api, Kekuatan Tarik Unggul
- Tidak terpengaruh oleh pelatuk dan Rayap
- Aman bagi pekerja dan pelanggan.

Tiang dengan bobot ringan, handal, tahan api dan tidak korosif tentunya inovasi yang sangat bermanfaat bagi PT PLN (Persero) dalam percepatan pemulihan gangguan dan percepatan pelayanan pasang baru pelanggan. Dengan adanya inovasi ini akan membantu Manajer Area, Asisten Manajer Jaringan dan Asisten Manajer Pelayanan Pelanggan terutama pada Penambahan Jumlah Pelanggan Recovery Time, Kecepatan Pelayanan Pasang Baru, SAIDI, Gangguan Penyulang Per 100 kms.



Gambar 2. Kondisi Sistem Distribusi Tenaga Listrik [2]

1.3. Metode yang digunakan

Ada 3 cara digunakan untuk membuat Tiang *Fiberglass* mengacu pada daftar pustaka [5, 8] yaitu:

1. *Pultrusion*, merupakan metode yang cukup baik dalam membuat desain tiang fiberglass tetapi hanya dapat membuat tiang dengan ukuran yang sama persis untuk atas dan bawah, dapat membuat dengan cepat dengan ukuran dan diameter berapapun. Karena sangat presisi maka paling menghemat bahan produksi dengan kekuatan terbaik dan bobot ringan, harga mesin produksi cukup mahal tetapi proses otomatis dan mampu beroperasi tanpa hubungan manusia.
2. *Filament Winding*, merupakan metode yang terbaik dalam membuat desain tiang fiberglass dan dapat membuat tiang dengan ukuran yang berbeda untuk atas dan bawah, dapat membuat dengan cepat dengan ukuran dan diameter berapapun. Karena sangat presisi maka paling menghemat bahan produksi dengan kekuatan terbaik dan bobot ringan, harga mesin produksi cukup mahal tetapi proses bisa berjalan otomatis.
3. *Hand Lay*, dapat membuat tiang dengan ukuran yang berbeda untuk atas dan bawah. Ukuran maksimal yang mampu diproduksi adalah tiang 14 meter. Karena manual maka komponen bahan produksi lebih banyak sehingga lebih tebal dan berat. Memanfaatkan pekerja kasar dalam pembuatannya. Ongkos produksi lebih murah untuk pembuatan jumlah satuan tetapi jika jumlah mencapai ratusan maka metode 1-2 lebih baik dan lebih menghemat bahan serta lebih baik dari sisi kualitas.

2. Pembahasan

2.1. Standar PT PLN (PERSERO) SPLN D3.019-2: 2013

SPLN D3.019-2: 2013 merupakan standar PT PLN (Persero) untuk spesifikasi tiang listrik dan lengkapannya pada bab 2 yaitu tiang beton praktekan dimana terdiri dari sebagai berikut syarat mutu, syarat konstruksi dan syarat pengujian. Tiang Listrik Beton (Concrete Electrical Pole) adalah tiang listrik yang terbuat dari material kawat besi ukuran tertentu (besi beton), pasir dan semen dengan mix yang khusus dan tertentu pula dan melalui cetakan dengan ukuran dan panjang tertentu pula.

Tiang Listrik beton berfungsi utama sebagai penyalur konduktor untuk tegangan menengah 20kV (JTM) dan tegangan rendah 220v/380v (JTR), dari Sub Station ke Gardu Distribusi, Ke pabrik-pabrik, Ke Pelanggan Besar dan hingga ke pelanggan kecil yaitu rumah tangga. Tiang Listrik Beton dibuat secara khusus hingga melalui uji teknis dari PLN supaya laik pakai, karena memang demikian harusnya. Sehingga hanya yang SPLN saja yang dapat laik pakai oleh pihak PLN selaku pemilik pekerjaan jaringan listrik pada umumnya.

Tiang Listrik beton mempunyai fungsi lain yaitu sebagai penyangga peralatan listrik tegangan rendah dan tegangan menengah. Pada tegangan rendah, Tiang Listrik Beton berfungsi sebagai penyangga umumnya twisted Kabel yang dipergunakan untuk menyalurkan tegangan listrik dari Gardu Distribusi kepada pelanggan dengan besaran 220V/380V. Sedangkan Tiang Listrik Beton pada jaringan tegangan menengah (JTM) berfungsi sebagai penyangga aksesoris material listrik diantaranya adalah Pin Pos Insulator, Cross Arm, Konduktor dan aksesoris kecil lainnya. ada pula fungsi lain Tiang Listrik Beton adalah untuk pembuatan Gardu Distribusi Portal atau Gardu Portal untuk penyangga Transformer hingga 200kVa sehingga dapat disebut sebagai GTT1 Tiang atau GTT 2 Tiang pada JTM.

Tiang Listrik Beton dibuat berdasarkan ukuran yang sesuai dengan peruntukannya, diantaranya adalah Tiang Listrik Beton ukuran 9 Meter, 11 Meter dan 13 Meter. Untuk ukuran 9 Meter umumnya dipergunakan untuk JTR (jaringan tegangan rendah), Ukuran 11 meter umumnya dipergunakan untuk jaringan tegangan menengah (JTM) dan ukuran 13 meter umumnya dipergunakan untuk menyangga Transformer dengan kategori GTT 1 tiang atau GTT 2 tiang.



Gambar 3. Kegiatan Pengujian di Pabrik Tiang Beton & Contoh Pengujian Mekanikal ^[3]

2.2. Fiber Reinforced Composite

Material berbahan serat fiber yang diperkuat atau Fiberglass atau sering diterjemahkan menjadi serat gelas adalah kaca cair yang ditarik menjadi serat tipis dengan garis tengah sekitar 0,005 mm - 0,01 mm. Serat ini dapat dipintal menjadi benang atau ditenun menjadi kain, yang kemudian diresapi dengan resin sehingga menjadi bahan yang kuat dan tahan korosi untuk digunakan sebagai badan mobil dan bangunan kapal. Dia juga digunakan sebagai agen penguat untuk banyak produk plastik; material komposit yang dihasilkan dikenal sebagai plastik diperkuat-gelas (glass-reinforced plastic, GRP) atau epoxy diperkuat glass-fiber (GRE), disebut "fiberglass".



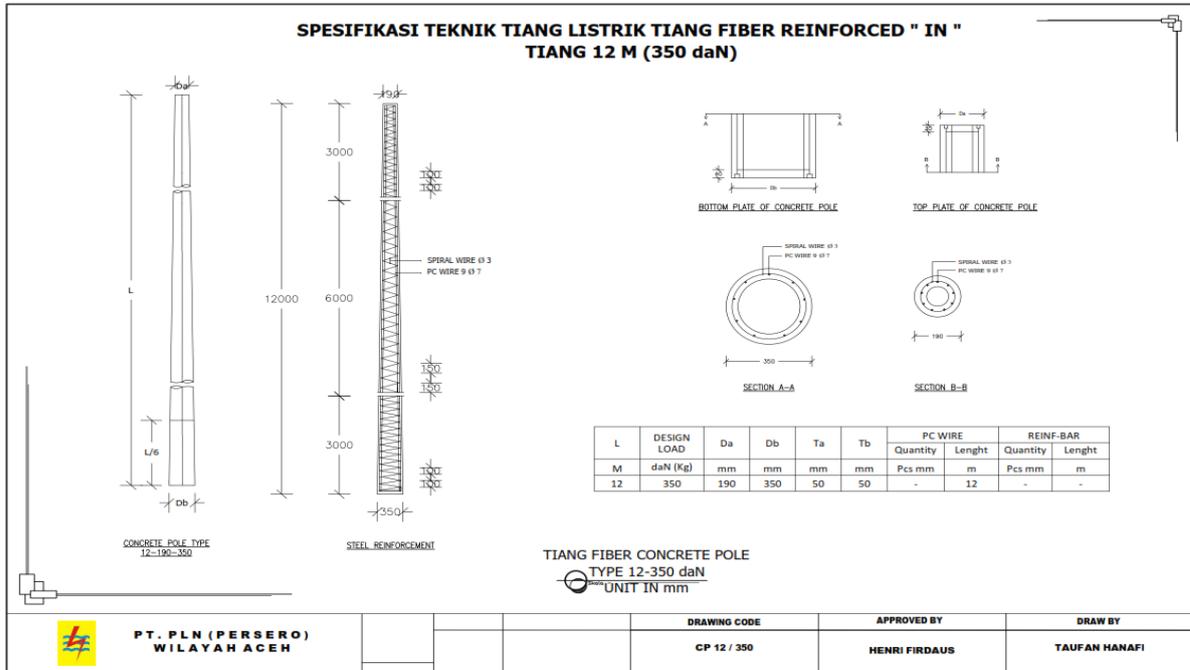
Gambar 4. Komponen Utama Fiberglass ^[4]

Fungsi komponen-komponen utama fiberglass:

1. Resin, adalah bahan utama dalam pembuatan aneka barang dari resin/fiberglass. Ada beberapa fungsi yang kita dapatkan dari benda 1 ini diantaranya hiasan, lem, bahan hardware pengganti plastik/kaca/mika/akrilic.
2. Katalis, adalah sebagai bahan aktif untuk mempercepat reaksi pengerasan resin. Apabila menggunakan katalis terlalu sedikit akan memperlama waktu pengerasan resin. Apabila terlalu banyak menggunakan katalis pada adonan resin juga menyebabkan resin lama kering (lengket). Pada takaran takaran tertentu resin dapat mengeras dalam waktu yang sangat singkat (dibawah 5 menit). Semakin cepat proses pengerasan maka panas yang dihasilkan semakin besar. Disarankan untuk menggunakan katalis dengan takaran yang pas.
3. Fiber (matt), adalah untuk memberi efek anti pecah ibaratkan tiang beton yang diberi besi pada tengahnya. Dengan menggunakan fiber pada pembuatan benda fiberglass maka akan memperkokoh benda khususnya pada bagian dalam benda.
4. Talk, adalah sebagai bahan pengisi & penguat anti pecah bagian luar (Fiber bagian dalam, talk bagian luar). Talk sebagai pengisi maksudnya adalah dengan mencampurkan 1kg talk + 1 kg resin maka menghasilkan 2 kg adonan resin. Apabila menggunakan talk hasil benda fiberglass semakin kokoh dan tidak mudah retak. Dalam pembuatan bangunan talk itu ibaratkan 'Pasir', resin ibaratkan 'semen'
5. Silicone rubber, adalah sebagai bahan untuk membuat cetakan. Hasil cetakan yang dibuat berupa karet silicone yang lentur. Tidak hanya untuk cetakan resin, namun silicone rubber juga dapat digunakan sebagai cetakan gipsum, semen, clay dll.
6. Anti lengket, adalah Untuk melapisi permukaan cetakan dengan bahan adonan, sehingga tidak ada kontak antara cetakan dengan adonan (misalnya adonan resin). Hal tersebut berfungsi agar lebih mudah melepaskan benda hasil cetakan dengan cetakkannya. Anti lengket seperti ini dikenal dengan Mold release

2.3. Desain Tiang Fiberglass Reinforced Composite

Sesuai Community of Practice yang kami tulis pada bulan Juli 2016, kami menyepakati untuk membuat desain spesifikasi teknik Tiang Fiberglass Reinforced Composite ini dengan tipe Tiang 12M (350 daN) yang sama persis ukurannya dengan Tiang Beton dengan harapan pelaksana dilapangan dapat langsung menerapkannya dilapangan tanpa hambatan yang berarti tentunya dengan bobot tiang yang jauh lebih ringan.



Gambar 5. Spesifikasi Teknik Tiang Fiberglass Reinforced Composite [5]

2.4. Proses Pembuatan Tiang Fiberglass Reinforced Composite

Lokasi & Waktu Pembuatan : Workshop Bantar Gebang Bekasi, 6 – 18 November 2016

Kebutuhan Personel : 5 Orang

Dokumentasi Pembuatan :



Gambar 6. Proses Pembuatan Tiang Fiberglass Reinforced Composite [6]

2.5. Pengujian Tiang Fiberglass Reinforced Composite

Proses pengujian memakan waktu lama sejak prototipe tiang selesai dibuat yaitu dengan Mitra Kerja PLN Area Subulussalam yaitu PT Sumber Tri yang berlokasi di Medan Sumatera Utara. Dengan Hasil Lolos Uji.



Gambar 7. Proses Pengujian Tiang Fiberglass Reinforced Composite [7]

YPK PT. PLN (Persero)
PT. SUMBETRI MEGAH
Industri Beton Pratekan
Jl. Medan - B. Aceh Km. 91 Beutling,
Kab. Langkat - Sumut

UJI CONTOH TIANG BETON PRATEKAN

Tipe Tiang : 12350 (198) Standar : SPLN DS.019-2 : 2013
Nomor Produksi : 01 Tanggal Uji : 28 - 11 - 2016
Tanggal Produksi : 18 - 11 - 2016 Tempat Uji : Besitang

URUSAN	SPEKIFIKASI	HASIL UJI
A. PEMERIKSAAN SIFAT TAMPAK		
1. Bentuk konstruksi	Bulat beranggot & lurus	Bulat beranggot & lurus
2. Kondisi permukaan	Baik & halus	Baik & halus
3. Retak	Tidak	Tidak
4. Perendaman		
- Logam/mesin pemakaian	SM	SM
- Nomor/tanggal produksi	Ada	Ada
- Tanda batas termam	Ada	Sesuai
- Tiltk terak	Ada	Sesuai
- Tanda pembumihan	Ada, 4 (empat) titik	4
5. Tulpk atas	Ada dan baik	Ada dan baik
6. Tulpk bawah	Ada dan baik	Ada dan baik
7. Lubang tembus	Baik, jumlah : 14 lubang	14
8. Jumlah tulangan besi per legang (Pc wire)	8 (delapan)	8
B. PENGOUKURAN DIMENSI		
1. Panjang tiang (satuhan : mm)	11880 - 12030	12010
2. Diameter (satuhan : mm)		
- Atas tiang	168 - 184	169
- Bawah tiang	348 - 354	347
- Rata-rata per legang (Pc wire)	Minimal : 7	7
- Rata-rata (sangat pekat)	Minimal : 2,8	3
3. Tebal beton (satuhan : mm)		
- Atas tiang	40 - 60	54
- Bawah tiang	60 - 80	80
4. Jarak besi penyangga dgn permukaan luar/tebal selimut beton (satuhan : mm)		
- Atas tiang	Minimal : 15	25
- Bawah tiang	Minimal : 15	18
5. Jarak (satuhan : mm)		
- Batas termam	Minimal : 2.000	2000
- Perendaman (ditukur dari batas termam)	Minimal : 4.000	4000
- Lubang tembus	A = 120 H = 280 A = 150 H = 280	
	B = 150 H = 350 B = 200 H = 350	
	C = 150 J = 1000 C = 150 J = 1000	
	D = 150 K = 250 D = 150 K = 250	
	E = 480 L = 250 E = 480 L = 250	
	F = 240 M = 250 F = 240 M = 250	
	G = 250 N = 250 G = 250 N = 250	
5. Panjang konduktor pembumihan dari tulak bawah (satuhan : mm)	Minimal : 100	105
C. KELURUSAN		
1. Nilai penyimpangan kelurusan (satuhan : mm)	Maksimal : 34	3

KOORDINATOR PABRIK: *3ip* QUALITY CONTROL: *Kan* KB. PRODUKSI: *3ip*

YPK PT. PLN (Persero)
PT. SUMBETRI MEGAH
Industri Beton Pratekan
Jl. Medan - B. Aceh Km. 91 Beutling,
Kab. Langkat - Sumut

UJI LENTUR (PROOF TEST) TIANG BETON PRATEKAN

Tipe Tiang : 12350 (198) Standar : SPLN DS.019-2 : 2013
Nomor Produksi : 01 Tanggal Uji : 28 - 11 - 2016
Tanggal Produksi : 18 - 11 - 2016 Tempat Uji : Besitang

PEMBERAN AN	% x BEBAN DISAIN	BEBAN kg	NILAI LENTURAN (mm)		REKAK
			Sesat (S)	Permanen (P)	
1	60%	210	44	2	Tidak
2	80%	280	61	3	Tidak
3	100%	350	75	6	Tidak

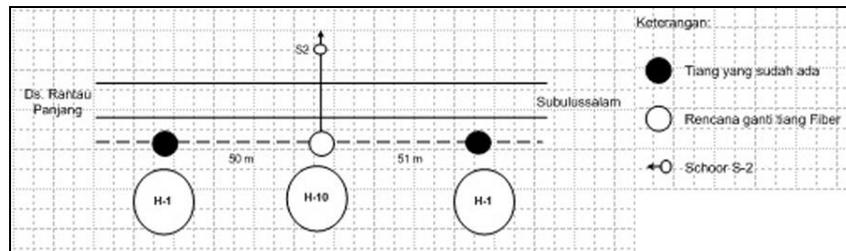
KOORDINATOR PABRIK: *3ip* QUALITY CONTROL: *Kan* KB. PRODUKSI: *3ip*

Dpk No : SM-OCBPM/12
Rev. No : 02

Gambar 8. Hasil Pengujian Tiang Fiberglass Reinforced Composite [8]

2.6. Implementasi Tiang Fiberglass Reinforced Composite

Penempatan Tiang Fiberglass Reinforced Composite perdana ini diimplementasikan pada lokasi tiang besi berkarat di Desa Ranau Panjang di Kecamatan Rundeng Kota Subulussalam Propinsi Aceh.



Gambar 9. Lokasi Penanaman Tiang Fiberglass Reinforced Composite ^[9]



Gambar 10. Proses Implementasi Tiang Fiberglass Reinforced Composite ^[10]

2.7. Manfaat Dan Keunggulan

Tiang Fiberglass Reinforced Composite memiliki keunggulan di manfaat non finansial yaitu dari sisi operasional dimana keuntungannya adalah:

- Berat Tiang 300 Kg atau kurang lebih sama dengan Tiang Besi 12M 200daN, sehingga dapat mempercepat pemulihan gangguan atau percepatan pembangunan perluasan jaringan.
- Tahan Karat, Rayap dan cukup tahan Api sehingga cocok untuk lokasi dengan kadar penggaraman tinggi dan curah hujan tinggi.
- Penanaman tiang cocok pada lokasi pegunungan, jurang, bukit curam, tanah gambut, pantai/ tanah abrasi.
- Tidak memerlukan mobil crane, dalam hal ini pelaksanaan tanam dapat dilakukan dengan metode tanam secara manual, cocok dilakukan pada kondisi darurat dimana mobil crane tidak dapat masuk ke lokasi.
- Tidak tenggelam dalam air, desain tiang yang kosong di dalam dan kedap mampu membuat tiang mengampung di air.
- Mampu diproduksi langsung di lokasi, dengan membawa master cetakan ke lokasi dan bahan yang diperlukan dapat membantu mengurangi biaya transportasi tiang.

Tabel 1. Matrix Perbandingan Komposit Tiang

PERBANDINGAN TIANG 12M	TIANG FIBERGLASS REINFORCED	TIANG BETON	TIANG BESI
UKURAN	DIAMETER ATAS 190 DIAMETER BAWAH 390	DIAMETER ATAS 190 DIAMETER BAWAH 390	DIAMETER ATAS 114,3 DIAMETER BAWAH 216,3
BEBAN KERJA (danN)	350 😊	350 😊	200 😞
BERAT (KG)	300 😊	1100 😞	350 😊
TAHAN KARAT	YA 😊	YA 😊	TIDAK 😞
TAHAN RAYAP	YA 😊	YA 😊	YA 😊
TAHAN API / TITIK LEBUR (CELSIUS)	1121 😞	1750 😊	1538 😊
LOKASI PEGUNUNGAN / JURANG / BUKIT CURAM	YA 😊	TIDAK 😞	YA 😊
LOKASI TANAH GAMBUT/PANTAI/TANAH ABRASI	YA 😊	TIDAK 😞	YA 😊
KEBUTUHAN MOBIL CRANE	TIDAK 😊	YA 😞	TIDAK 😊
TENGGELAM DALAM AIR	TIDAK 😊	YA 😞	YA 😞
KEMAMPUAN PRODUKSI DI LOKASI	YA 😊	YA 😊	TIDAK 😞

3. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penjelasan diatas dihasilkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Inovasi Tiang Fiber Reinforced Composite telah dibuat 1 (satu) Unit Master Cetakan dan telah buat 1 (satu) Unit Tiang Prototipe.
2. Tiang Fiber Reinforced Composite ukuran 12m 350 daN yang dibuat berbobot hanya 300 kg atau 70% lebih ringan daripada tiang Beton ukuran 12m 350 daN.
3. Tiang Fiber Reinforced Composite sudah melewati proses pengujian dengan hasil uji baik.
4. Tiang Fiber Reinforced Composite telah diimplementasikan untuk penggantian tiang SUTM tipe besi yang berkarat di Rayon Subulussalam Kota Kecamatan Rundeng Kota Subulussalam Propinsi Aceh.
5. Master cetakan Tiang Fiber Reinforced Composite sanggup memproduksi hingga 100 unit tiang.

Ucapan Terima Kasih

Terimakasih kepada General Manager Unit Induk Distribusi Jawa Timur atas kesempatannya kembali mengembangkan tiang fiberglass reinforced pole yang saat ini sudah dikembangkan ke versi 2.0 dimana dengan diameter ukuran konstruksi tiang komposit baja SUTM 20kv kami dapat lebih meminimalisir beban tiang ke 100kg dengan kekuatan tarikan yang sama yaitu 350 danN.

Daftar Pustaka

- [1] Henri Firdaus dan Andi Istiabudi , 2016, “Membangun Masa depan Kelistrikan Aceh Selatan, Aceh Barat Daya, Subulussalam dan Singkil”. PLN Area Subulussalam, Aceh
- [2] Kelompok Bidang Distribusi Standarisasi, 2013, ”[SPLN.D3.019-2:2013] Spesifikasi Tiang Listrik dan Lengkapannya. Bagian 2: Tiang Beton Pratekan”, PT PLN (Persero). Jakarta Selatan
- [3] Jean Anastasia, 2013, Kupas Tuntas Fiberglass , Gramedia Pustaka Utama
- [4] reatrice Pultrusions,.inc, 2015, “Product Brochure Composite Utility Poles Electrical Distribution & Transmission”. Creatice Pultrusions, USA
- [6] David dan Zora aiken, 2008, Fiberglass Repair Polyester or Epoxy, USA
- [7] Forbes aird, 2006, Fiberglass & Other Composite Materials, HPBooks.
- [8] Nina Rigby, 2008, Prestudy of Utility Poles in Fiber Composite, Stockholm, Swedia.
- [9] Gevin McDaniel & Chase Knight,2014, “Fiber Reinforced Polymer (FRP) Composites