

**PERANCANGAN SISTEM DISTRIBUSI TENAGA LISTRIK  
UNTUK PENYULANG PT. MACROLINK NICKEL DEVELOPMENT DI  
KAB. BANTAENG SULAWESI SELATAN**



**TUGAS AKHIR**

Diajukan sebagai salah satu syarat guna menyelesaikan studi pada  
Program Pendidikan Diploma Tiga (D-3) Teknik Listrik  
Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Ujung Pandang

**OLEH :**

**KARDIANTI**  
321 11 010

**ANDI KIKI REZKI FR.**  
321 11 025

**PROGRAM STUDI TEKNIK LISTRIK  
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO  
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG**

**2014**

LEMBAR PENGESAHAN

Laporan Tugas Akhir dengan judul “Perancangan Sistem Distribusi Tenaga Listrik Untuk Penyulang PT. Macrolink Nickel Development di Kab. Bantaeng Sulawesi Selatan”

Disusun Oleh :

Kardianti  
321 11 010

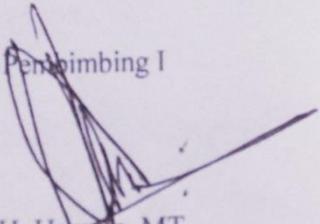
Andi Kiki Rezki FR.  
321 11 025

Telah diterima dan disahkan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Diploma Tiga (D-3) pada Program Studi Teknik Listrik, Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Ujung Pandang.

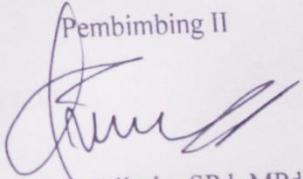
Makassar, Oktober 2014

Menyetujui,

Pembimbing I

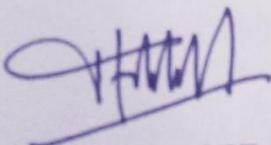
  
Ir. H. Hamma, MT.  
19571231 198803 1 010

Pembimbing II

  
DR. Alimin, SPd., MPd  
19590812 199903 1 002

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Elektro  
Politeknik Negeri Ujung Pandang

  
Ibrahim Abduh, S.ST., M.T  
NIP : 19680514 199303 1 001

## LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

Pada hari ini, hari Kamis Tanggal 02 Oktober 2014, Panitia Ujian Sidang Akhir, telah menerima dengan baik hasil Tugas Akhir

Oleh

Nama Mahasiswa : 1. Kardianti (321 11 010)

2. Andi Kiki Rezki FR. (321 11 025)

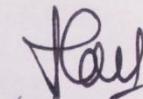
Judul Tugas Akhir : Perancangan Sistem Distribusi Tenaga Listrik Untuk  
Penyulang PT. Macrolink Nickel Development  
di Kab. Bantaeng Sulawesi Selatan

Makassar, 02 Oktober 2014

Panitia Ujian Sidang Tugas Akhir:

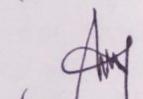
1. Aksan, ST., MT

Ketua

  
(.....)

2. Asriyadi, ST., M.Eng

Sekretaris

  
(.....)

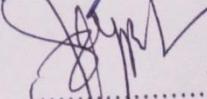
3. Sarwo Pranoto, ST., M.Eng

Anggota

  
(.....)

4. Ir. Tadjuddin, MT

Anggota

  
(.....)

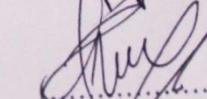
5. Ir. H. Hamma, MT

Pembimbing I

  
(.....)

6. DR. Alimin, SPd., MPd

Pembimbing II

  
(.....)

## ABSTRAK

(Kardianti / 321 11 010 dan Andi Kiki Rezki FR. / 321 11 025)

“Perancangan Sistem Distribusi Tenaga Listrik Untuk Penyulang

PT. Macrolink Nickel Development di Kab. Bantaeng Sulawesi Selatan”

Penelitian ini bertujuan membuat dan menjelaskan perancangan sistem distribusi tenaga listrik dari gardu induk (GI) sampai ke gardu konsumen milik PT. Macrolink Nickel Development serta sistem distribusi tenaga listrik pada gardu konsumen milik PT. Macrolink Nickel Development. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode studi literatur, survei lapangan dan metode analisis data. Dengan metode tersebut dibuat perancangan sistem distribusi tenaga listrik untuk penyulang PT. Macrolink Nickel Development, dimana terdapat 3 buah gardu distribusi beton yaitu gardu distribusi PLN, gardu konsumen I untuk beban 800 kVA dan gardu konsumen II untuk beban 1600 kVA. Pada gardu distribusi PLN akan menerima pasokan daya listrik tegangan menengah 20 kV dari Gardu Induk melalui kubikel incoming dan adapun output dari kubikel outgoing akan masuk ke kubikel incoming pada gardu distribusi milik konsumen. Pada gardu konsumen I ini akan memiliki dua kubikel outgoing, dimana output kubikel outgoing I akan masuk ke transformator untuk beban 1600 kVA, sedangkan output kubikel outgoing II akan masuk ke kubikel incoming pada gardu distribusi milik konsumen II. Berdasarkan hasil penelitian perancangan sistem distribusi tenaga listrik untuk penyulang PT. Macrolink Nickel Development pada perancangan untuk jaringan udara tegangan menengah (JUTM) dari gardu induk (GI) sampai ke gardu PLN di lokasi pembangunan PT. Macrolink Nickel Development digunakan penghantar AAAC 3 x 240 mm<sup>2</sup> sedangkan saluran kabel tegangan menengah (SKTM) dari gardu PLN ke gardu konsumen I serta dari gardu konsumen I ke gardu konsumen II digunakan penghantar berisolasi XLPE 3 x 35 mm<sup>2</sup>.

## KATA PENGANTAR

Puji syukur senantiasa penulis panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa karena atas berkat dan pertolongan-Nya sehingga penulis dapat merampungkan Laporan Tugas Akhir (TA) ini.

Penulis menyadari bahwa laporan TA ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan koreksi dan saran dari pembaca yang bersifat membangun demi pengembangan lebih lanjut yang lebih baik.

Dalam penyelesaian laporan Tugas Akhir ini penulis mengalami banyak tantangan dan hambatan, namun berkat dukungan dan kerja sama yang baik dengan berbagai pihak, hal-hal tersebut dapat teratasi.

Penulisan laporan TA ini tidak akan terwujud tanpa bantuan dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu melalui kesempatan ini, kami menyampaikan penghargaan dan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak **Ir.H. Hamma ,M.T** selaku Pembimbing I dan Bapak **DR. Alimin ,SPd.,MPd** selaku pembimbing II yang senantiasa memberikan bimbingan dan arahannya selama pembuatan TA hingga penyusunan laporan ini selesai.
2. Seluruh dosen, staf dan instruktur pada Jurusan Teknik Elektro, khususnya Program Studi Teknik Listrik.
3. Segenap teknisi Laboratorium dan Bengkel Program Studi Teknik Listrik Politeknik Negeri Ujung Pandang.

4. Kepada kedua orang tuaku yang selalu memberikan dorongan baik moril maupun material dan tak pernah lelah mendoakanku.
5. Teman-temanku khususnya anak III A yang telah memberikan bantuan dan dukungannya selama penulis membuat Tugas Akhir ini.
6. Semua pihak yang telah membantu penulis baik secara langsung maupun tidak langsung.

Akhirnya dengan hati yang tulus, penulis mengucapkan permohonan maaf yang sebesar-besarnya atas kesalahan yang penulis lakukan selama pembuatan Tugas Akhir ini. Harapan penulis, semoga Tugas Akhir ini dapat berguna bagi pengembangan ilmu pengetahuan pada umumnya dan bidang distribusi tenaga listrik pada khususnya.

Makassar, Oktober 2014

Penulis

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
LEMBAR PENGESAHAN .....	ii
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI .....	iii
ABSTRAK .....	iv
KATA PENGANTAR .....	v
DAFTAR ISI .....	vii
DAFTAR GAMBAR .....	ix
DAFTAR TABEL .....	x
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
A. Latar Belakang .....	1
B. Rumusan Masalah .....	2
C. Tujuan Penelitian .....	2
D. Manfaat Penelitian .....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	
A. Sistem Tenaga Listrik .....	4
B. Gardu Induk .....	4
C. Jaringan Distribusi Primer/Jaringan Tegangan menengah .....	5
D. Gardu Distribusi .....	27
1. Pengertian Gardu Distribusi .....	27
2. Jenis – Jenis Gardu Distribusi .....	27
3. Komponen Gardu Distribusi .....	37
<b>BAB III METODE PENELITIAN</b>	
A. Tempat dan Waktu Penelitian .....	45
B. Objek Penelitian .....	45
C. Prosedur Penelitian .....	45
D. Metode Pengumpulan Data .....	47
E. Metode Analisis Data .....	48

**BAB VI HASIL DAN PEMBAHASAN**

A. Hasil ..... 49  
B. Pembahasan ..... 60

**BAB V PENUTUP**

A. Kesimpulan ..... 67  
B. Saran ..... 67

**DAFTAR PUSTAKA** ..... 68

**LAMPIRAN** ..... 69



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Skema Penyaluran Tenaga Listrik .....	5
Gambar 2.2 Konstruksi Tiang Beton Bulat .....	9
Gambar 2.3 Konstruksi Tiang Beton H .....	10
Gambar 2.4 <i>Traverst (cross-arm)</i> .....	13
Gambar 2.5 Jenis – Jenis Isolator Tumpu .....	15
Gambar 2.6 Jenis – Jenis Isolator Tarik .....	15
Gambar 2.7 Sambungan Kabel .....	26
Gambar 2.8 Gardu Portal .....	28
Gambar 2.9 Gardu Cantol .....	29
Gambar 2.10 Diagram Satu Garis Gardu Beton .....	30
Gambar 2.11 Denah Gardu Beton .....	31
Gambar 2.12 Konstruksi Gardu Beton .....	32
Gambar 2.13 Tampak Samping Gardu Beton .....	33
Gambar 2.14 Tampak Depan Gardu Beton .....	33
Gambar 2.15 Konstruksi Gardu Kios .....	34
Gambar 2.16 Bagan Satu Garis Gardu Pelanggan Khusus .....	36
Gambar 2.17 <i>Fuse Cut Out</i> .....	40
Gambar 2.18 <i>Lightning Arrester</i> .....	40
Gambar 3.1 <i>Flowchart</i> Prosedur Penelitian .....	46
Gambar 4.1 Diagram Blok Distribusi Tenaga Listrik Untuk Penyulang PT. Macrolink Nickel Development .....	50

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Spesifikasi Tiang beton Bulat .....	8
Tabel 2.2 Spesifikasi Tiang Beton H .....	11
Tabel 2.3 Spesifikasi Tiang Besi .....	11
Tabel 2.4 KHA Terus – Menerus untuk Tiga Kabel Tanah Berinti Tunggal, Berpengantar Tembaga, Berisolasi dan Berselubung PVC, dengan Tegangan Pengenal 0,6/1 kV, 3,6/6 kV, (7,2 kV), dan 6/10 kV (12 kV) yang Dipasang Sejajar Pada Suatu Sistem Fase Tiga Pada Suhu Keliling 30°C .....	18
Tabel 2.5 KHA Terus – Menerus dari Penghantar Campuran Aluminium Paduan Telanjang (AAAC) .....	19
Tabel 2.6 Konstruksi Penghantar Udara Campuran Aluminium Telanjang (AAAC) .....	19
Tabel 2.7 Karakteristik Penghantar Aluminium JTR .....	20
Tabel 2.8 Faktor Kebersamaan Untuk Jenis Daerah Pelayanan .....	22
Tabel 2.9 KHA Terus Menerus Kabel Tanah Berinti Tiga Berpengantar Aluminium Berisolasi XLPE, Berpelindung Bebat Tembaga pada Tiap Inti, Berperisai Baja Serta Berselubung PVC dan Tegangan Pengenal 6/10 kV (12 kV), 8,7/15 kV (17,5 kV), dan 12/20 kV (24 kV) pada Suhu Keliling 30 °C atau Suhu Tanah 30 °C .....	27

## BAB I

### PENDAHULUAN

#### A. Latar Belakang

Negara Indonesia didalam dunia pertambangan, dikenal sebagai negara kaya dengan kandungan mineral yang siap diangkat kapan saja, salah satu diantaranya adalah nikel. Menurut Ferdy MP (2011) cadangan nikel Indonesia menempati peringkat ke-8 yaitu sekitar 2,9% dari cadangan nikel dunia sedangkan dari sisi produksi adalah 8,6 % dan berada pada peringkat ke-4 dunia.

Nikel merupakan bahan galian dengan nilai ekonomis yang tinggi. Hal ini disebabkan pada masa sekarang kebutuhan nikel akan semakin meningkat, jika dibandingkan dengan kebutuhan lainnya, seperti hasil tambang yang persediaannya semakin terbatas. Oleh karena itu, minat pengusaha untuk membuka pertambangan nikel semakin meningkat.

Berdasarkan kondisi tersebut maka beberapa perusahaan swasta ingin membuka *smelter* (pengolahan biji nikel) di Indonesia, tepatnya di kabupaten Bantaeng Sulawesi Selatan. Adapun salah satu perusahaan yang akan menjadi investor untuk pembangunan *smelter* tersebut adalah PT. Macrolink Nickel Development (MND). PT. Macrolink Nickel Development merupakan perusahaan swasta Indonesia yang didirikan oleh perusahaan swasta dari China yaitu Macro-Link International Mining Limited (Tejo, 2013).

Untuk mewujudkan pembangunan pengolahan biji nikel ini tentu memerlukan pasokan energi listrik yang memadai dari pihak PLN. Besarnya daya listrik yang dibutuhkan khusus untuk persiapan pembangunan penyulangannya adalah sebesar 2,4 MW yang akan dilayani melalui 2 transformator yaitu transformator untuk beban 1600 kVA dan transformator untuk beban 800 kVA. Pihak PLN selaku pemasok daya hanya melayani sampai pada pengukuran disisi tegangan menengah 20 kV, sehingga belum ada jaringan distribusi tenaga listrik untuk memenuhi kebutuhan pembangunan *smelter* tersebut. Oleh karena itu, diperlukan perancangan sistem distribusi tenaga listrik untuk memenuhi kebutuhan penyulang PT. Macrolink Nickel Development.

### **B. Rumusan Masalah**

Berdasarkan uraian dari latarbelakang, maka dapat dirumuskan masalah sebagai berikut :

1. Bagaimana sistem distribusi tenaga listrik dari gardu induk (GI) sampai ke gardu konsumen milik PT. Macrolink Nickel Development?
2. Bagaimana sistem distribusi tenaga listrik pada gardu konsumen milik PT. Macrolink Nickel Development ?

### **C. Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Dapat menjelaskan sistem distribusi tenaga listrik dari gardu induk (GI) sampai ke gardu konsumen milik PT. Macrolink Nickel Development?
2. Dapat menjelaskan sistem distribusi tenaga listrik pada gardu konsumen milik PT. Macrolink Nickel Development ?

#### **D. Manfaat Penelitian**

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mengaplikasikan teori tentang sistem distribusi, khususnya distribusi tegangan menengah 20 kV dari gardu induk (GI) sampai ke instalasi konsumen untuk industri.
2. Sebagai sarana dalam menambah wawasan tentang sistem jaringan distribusi tenaga listrik.



## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **A. Sistem Tenaga Listrik**

Struktur tenaga listrik atau sistem tenaga listrik sangat besar dan kompleks karena terdiri atas komponen peralatan atau mesin listrik seperti generator, transformator, beban dan alat-alat pengaman dan pengaturan yang saling dihubungkan, membentuk suatu sistem yang digunakan untuk membangkitkan, menyalurkan, dan menggunakan energi listrik. Salah satu bagian sistem tenaga listrik adalah sistem distribusi.

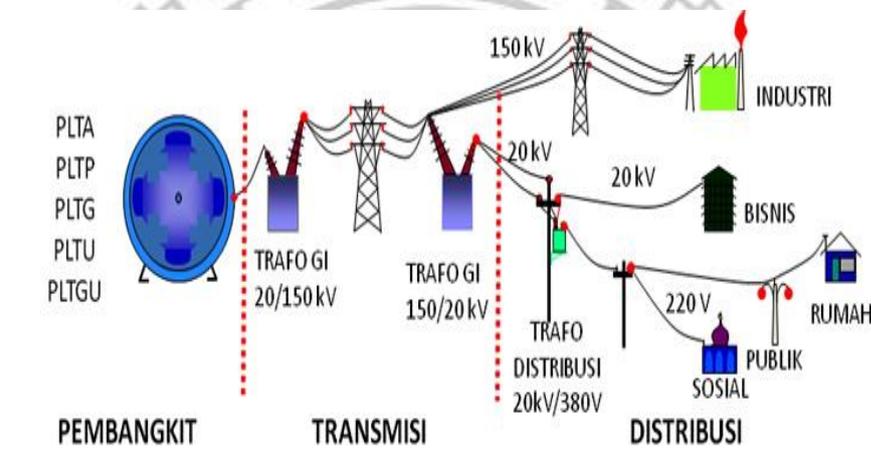
Sistem distribusi merupakan keseluruhan komponen dari sistem tenaga listrik yang menghubungkan secara langsung antara sumber daya yang besar (seperti gardu transmisi) dengan konsumen tenaga listrik. Secara umum yang termasuk ke dalam sistem distribusi antara lain :

1. Gardu induk ( GI );
2. jaringan distribusi primer; dan
3. gardu distribusi (transformator).

#### **B. Gardu Induk (GI)**

Gardu Induk adalah suatu bagian dari sistem penyaluran tenaga listrik, yang menghubungkan jaringan tegangan tinggi (70kV/150kV) / jaringan tegangan ekstra tinggi (250 kV/500kV) dengan jaringan distribusi primer atau yang biasa kita kenal dengan jaringan tegangan menengah (20kV) dan juga antara pembangkit listrik dengan jaringan distribusi.

Secara umum fungsi gardu induk adalah sebagai tempat untuk mentransformasikan tegangan listrik yaitu dengan menaikkan tegangan dan menurunkan tegangan. Gardu induk yang berfungsi menaikkan tegangan biasanya terletak antara pembangkit listrik dengan jaringan transmisi. Sedangkan, gardu induk yang berfungsi menurunkan tegangan biasanya terletak antara jaringan transmisi dan jaringan distribusi sisi primer. Berikut adalah gambar skema dari sistem penyaluran tenaga listrik mulai dari pembangkit hingga ke konsumen.



Gambar 2.1 Skema Penyaluran Tenaga Listrik  
(Sumber : Ehendra.wordpress.com)

### C. Jaringan Distribusi Primer/Jaringan Tegangan Menengah

Jaringan distribusi primer merupakan awal penyaluran tenaga listrik dari Gardu Induk ( GI ) ke konsumen untuk sistem pendistribusian langsung. Jaringan distribusi primer ini juga biasa disebut dengan jaringan tegangan menengah. Jaringan distribusi primer dilayani oleh gardu hubung atau langsung dari gardu induk dan atau dari pusat pembangkit. Sistem konstruksi saluran distribusi terdiri atas saluran udara dan saluran bawah tanah. Pada jaringan distribusi primer

terdapat 4 jenis dasar yaitu, sistem radial, sistem hantaran penghubung, sistem loop, dan sistem *spindle*.

Adapun ruang lingkup jaringan tegangan menengah pada sistem distribusi di Indonesia dimulai dari terminal keluar (*out-going*) pemutus tenaga dari transformator penurun tegangan Gardu Induk atau transformator penaik tegangan pada pembangkit untuk sistem distribusi skala kecil, hingga peralatan pemisah/proteksi sisi masuk (*in-coming*) transformator distribusi 20 kV.

### **1. Konstruksi Jaringan Distribusi Primer/Jaringan Tegangan Menengah**

Pada pendistribusian tenaga listrik ke pengguna tenaga listrik di suatu kawasan perlu diperhatikan rugi-rugi penyaluran (*losses*) sehingga dibutuhkan konstruksi yang tepat untuk penyaluran tenaga listrik ke pengguna tenaga listrik. Untuk itu berikut ini adalah tipe-tipe konstruksi jaringan tegangan menengah yang dikelompokkan menjadi 2 macam konstruksi, yaitu:

#### **a) Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM) dan Saluran Kabel Udara Tegangan Menengah (SKUTM)**

Saluran udara tegangan menengah merupakan saluran yang konstruksinya melalui udara dengan menggunakan penghantar telanjang. Saluran udara tegangan menengah ini merupakan konstruksi termurah untuk penyaluran tenaga listrik pada daya yang sama dan paling banyak digunakan di Indonesia.

Ciri utama jaringan ini adalah menggunakan penghantar telanjang yang ditopang dengan isolator pada tiang besi/beton. Penggunaan penghantar telanjang sendiri harus diperhatikan faktor keselamatan ketenagalistrikan seperti jarak aman

minimum yang harus dipenuhi penghantar bertegangan 20 kV antar fasa atau dengan bangunan atau dengan tanaman atau dengan jangkauan manusia.

Adapun komponen- komponen konstruksi SUTM, yaitu :

#### **a. Tiang**

Tiang berfungsi sebagai penyangga kawat agar berada di atas tiang dengan jarak aman sesuai dengan standar yang berlaku. Terbuat dari bahan yang kuat menahan beban tarik maupun tekan yang berasal dari kawat ataupun tekanan angin.

Saluran udara tegangan menengah memakai tiang dengan beban kerja (*working load*) 200 daN, 350 daN dan 500 daN, dengan panjang tiang 11 meter, 12 meter, 13 meter dan 14 meter, dimana daN adalah deka Newton atau setara dengan 1,01 kg gaya (massa x gravitasi) (Standar Konstruksi PLN: 2010).

Menurut bahannya, tiang listrik terdiri atas :

##### **1) Tiang beton**

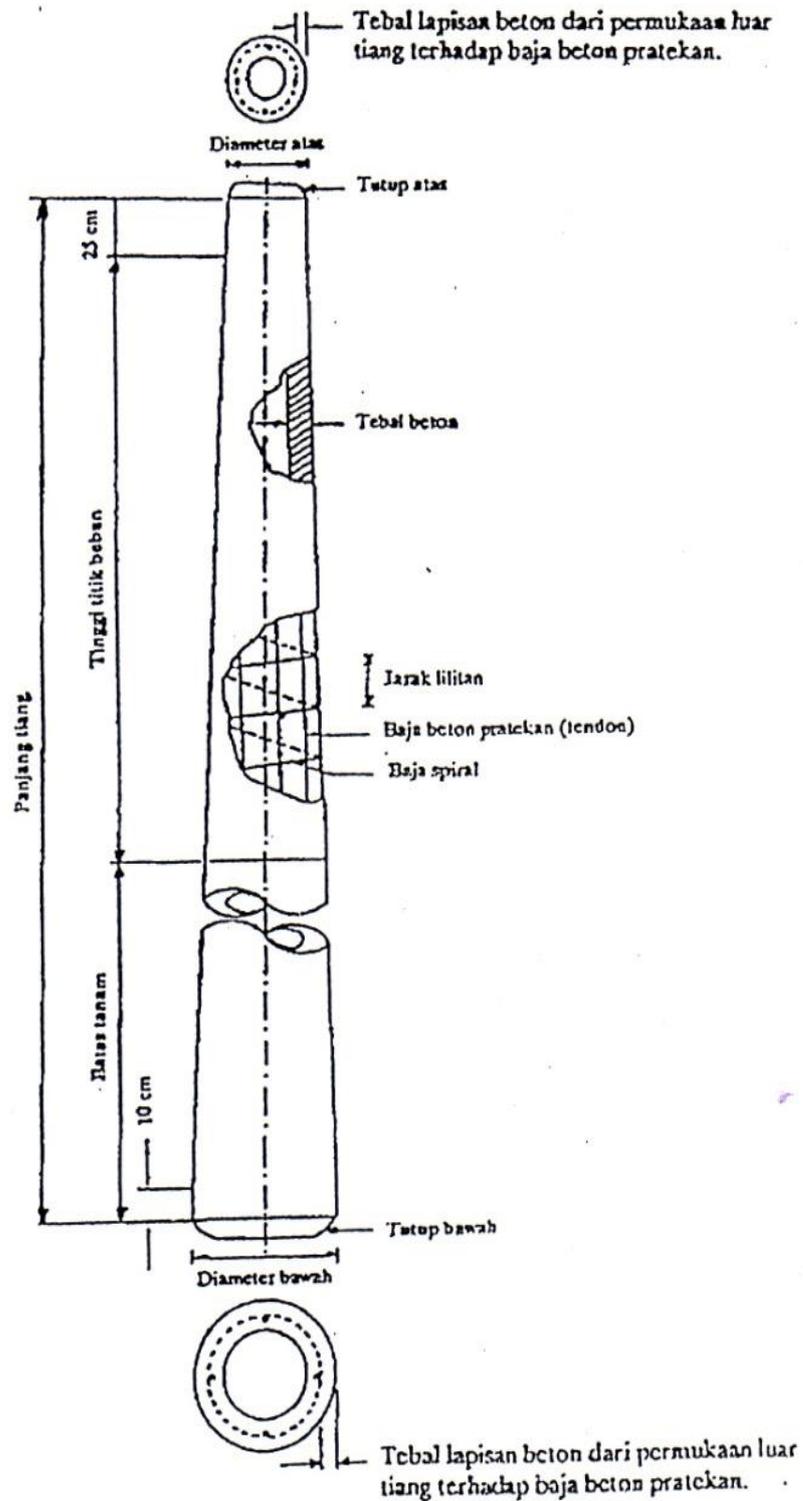
Tiang ini terbuat dari bahan campuran semen, pasir, dan batu split, dicor dengan kerangka besi baja. Bentuk tiang beton ada dua macam, yaitu berbentuk profil H dan berbentuk bulat. Tiang berbentuk profil H konstruksi kerangka besi yang diregangkan dengan kekuatan tertentu sesuai dengan kekuatan tiang, dicor dengan bahan campuran beton menggunakan cetakan. Bahan campuran beton dipres sampai pada cetakannya, dipanasi beberapa saat sampai mengeras. Namun tiang berbentuk profil H memiliki kekuatan tiang yang tidak sama besar pada kedua sisinya.

Tiang beton berbentuk bulat lebih banyak digunakan karena mempunyai kekuatan yang sama disetiap sisinya. Dibuat dengan kerangka baja yang dibentuk bulat dan diregangkan sesuai kekuatan tiang yang diinginkan, kemudian dicor dengan bahan campuran beton pada cetakan berbentuk bulat. Untuk pengerasannya dengan cara diputar dengan kecepatan tinggi selama beberapa waktu, sampai akhirnya membentuk seperti pipa, dimana bagian tengahnya berupa lubang. Tiang beton dapat digunakan setelah dipanaskan dengan temperatur cukup tinggi selama beberapa menit dan kemudian didinginkan kembali secara alami (Standar Konstruksi PLN : 2010).

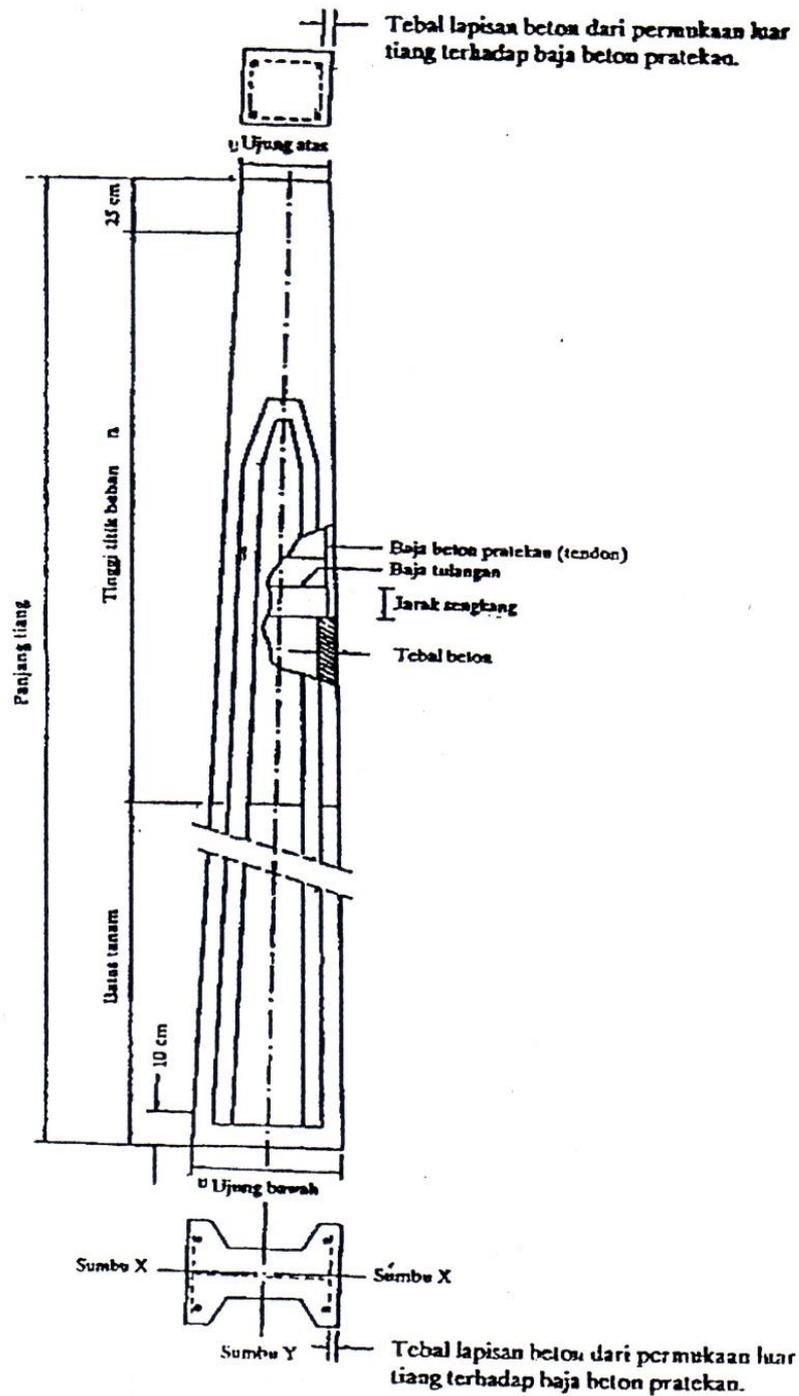
Tabel 2.1 Spesifikasi Tiang Beton Bulat

Panjang (m)	Tinggi titik Tumpu/batas tanam (m)	Diameter (cm)	Beban Kerja (daN)		Panjang (m)	Tinggi titik Tumpu/batas tanam (m)	Diameter (cm)	Beban Kerja (daN)
9	1,5	15,7	100		13	2,2	19	200
		15,7	200				19	350
		19	350				19	500
		19	500				22	800
		22	800				22	1200
		22	1200					
11	1,9	19	200		14	2,4	19	200
		19	350				19	350
		19	500				19	500
		22	800				22	800
		22	1200				22	1200
12	2,0	19	200				19	200
		19	350				19	350
		19	500				19	500
		22	800				22	800
		22	1200				22	1200

(sumber: Standar Konstruksi PLN)



Gambar 2.2 Konstruksi Tiang Beton Bulat  
 (Sumber :Standar Konstruksi PLN)



Gambar Tiang Beton Penampang H

Gambar 2.3 Konstruksi Tiang Beton H  
(Sumber :Standar Konstruksi PLN)

Tabel 2.2 Spesifikasi Tiang Beton H

Ukuran /L Tinggi Tiang (m)	Beban Rencana (daN)	Top (bag atas) Mm		Bottom (bag bawah) Mm		Ukuran (mm)			
		A	B	A	B	C	D	E	F
9	200	165	110	315	235	15	55	52	72
9	500								
11	200	200	125	320	250				
11	350	200	125	320	250	15	55	55	85
11	500	230	145	410	310	15	65	60	95
13	350	200	125	342	272	15	55	55	85
13	500	230	145	442	340	15	65	60	95

(sumber: Standar Konstruksi PLN)

## 2) Tiang besi

Tiang ini terbuat dari bahan baja (*steel*) yang terdiri atas 2 atau 3 susun pipa dengan ukuran yang berbeda, bagian atas lebih kecil daripada bagian dibawahnya. Setiap pipa disambung, bagian yang lebih kecil dimasukkan ke dalam bagian yang lebih besar sepanjang 50 cm, dipasang pen dan kemudian dilas (Standar Konstruksi PLN : 2010).

Tabel 2.3 Spesifikasi Tiang Besi

Panjang tiang (m)	Keterangan
8	Penopang JTR (strut pole)
9	JTR (berlaku untuk kelistrikan desa dengan beban kerja 100daN)
10	JTM 6 kv
11	JTM 6 kv sirkit tunggal, dengan panjang gawang 40 m
12	JTM 20 kv atau JTM 6 kv sirkit ganda
13	JTM 20 kv sirkit tunggal dengan panjang gawang 60 m
14	JTM 20 kv sirkit ganda
15	Ukuran khusus
16	Ukuran khusus

(sumber: Standar Konstruksi PLN)

### 3) Tiang kayu

Tiang ini berbahan dasar kayu yang tahan dari perubahan cuaca (panas, hujan) dan tidak mudah rapuh oleh bahan-bahan lain yang ada didalam tanah, tidak dimakan rayap atau binatang pengerat. Jenis kayu yang banyak dipakai menjadi tiang adalah kayu rasmala. Sekarang ini tiang kayu sudah jarang digunakan lagi dengan alasan ekonomis, yaitu tiang dari bahan beton lebih murah harganya.

Tiang pada jaringan distribusi tenaga listrik berfungsi sebagai tumpuan penghantar, menerima gaya-gaya mekanis akibat :

- 1) Berat penghantar dan peralatan;
- 2) gaya tarik dari penghantar (*tensile strength*);
- 3) tiupan angin; dan
- 4) akibat penghantar lain.

Besarnya gaya-gaya tersebut berbeda sesuai dengan fungsi tiang (tiang awal/ujung, tiang tengah, tiang sudut) dan luas penghantar. Tiang baik tiang besi atau tiang beton mempunyai kekuatan tarik (*working load*) sesuai standard yang berlaku saat ini yaitu 160 daN, 200 daN, 350 daN, 500 daN, 800 daN, 1200 daN.

Tiang didirikan mengikuti jalur saluran distribusi. Jarak antar tiang disebut gawang (*span*). Terdapat beberapa uraian mengenai pengertian dari *span* yaitu :

- a. Jarak gawang maksimum adalah jarak gawang terpanjang pada suatu saluran;
- b. Jarak gawang rata-rata adalah jarak gawang rata-rata aritmatik; dan

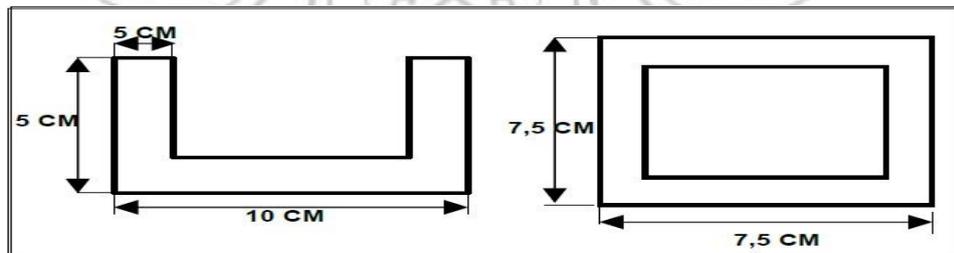
c. Jarak gawang ekivalen (*Ruling span*) adalah jarak gawang yang diukur berdasarkan rumus (Standar Konstruksi PLN : 2010).

**b. *Traverst*(*Cross – Arm*)**

*Traverst* merupakan alat yang berfungsi untuk tempat pemasangan isolator. Beberapa daerah di Indonesia tidak memasang *traverst* karena isolatornya langsung dipasang pada tiang. Bahan dari *traverst* terbuat dari besi baja yang dilapisi galvanis berbentuk kana U berukuran 10 x 5 x 5 cm dengan ketebalan 5 mm atau berbentuk persegi panjang berukuran 7,5 x 7,5 x 7,5 x 7,5 cm dengan ketebalan 5 mm.

Berdasarkan besarnya sudut tarikan kawat ukuran panjangnya, *traverst* dibedakan menjadi 3, yaitu :

1. Panjang 1800 mm untuk sudut tarikan dari 0° s/d 18°;
2. panjang 2662 mm untuk sudut tarikan dari 18° s/d 60°; dan
3. panjang 2500 mm untuk sudut tarikan dari 60° s/d 90°.



Gambar 2.4 *Traverst* (*Cross – Arm*) (sumber : Standar Konstruksi PLN)

Pemasangan *traverst* pada tiang diikat dengan klem dan mur-baut, tetapi pada tiang beton tidak diperlukan klem, karena baut langsung bisa menembus tiang dan *traverst*. Untuk menjaga agar *traverst* tidak miring setelah dibebani

isolator dan kawat, maka dipasang konstruksi berupa besi penyangga atau berupa plat simpul (Standar Konstruksi PLN : 2010).

### **c. Isolator**

Isolator adalah suatu alat untuk mengisolasi penghantar dari tiang listrik atau dengan tiang. Adapun fungsi isolator yaitu adalah sebagai berikut :

- 1) Untuk menyekat / mengisolasi antara kawat fasa dengan tegangan;
- 2) untuk menyekat / mengisolasi antara kawat fasa dengan kawat fasa;
- 3) menahan berat dari penghantar / kawat;
- 4) mengatur jarak dan sudut antar penghantar / kawat dan kawat; dan
- 5) menahan adanya perubahan kawat akibat perbedaan temperatur dan angin.

Bahan isolator yang biasanya dipakai adalah porselin/keramik yang dilapisi glazur dan gelas, tetapi yang banyak digunakan di Indonesia adalah porselin. Hal ini dikarenakan kelembapan udara di Indonesia cukup tinggi sehingga bahan isolator yang terbuat dari gelas mudah ditemeli embun. Konstruksi isolator pada umumnya dibuat dengan bentuk lekukan-lekukan yang bertujuan untuk memperjauh jarak rambatan, sehingga pada kondisi hujan ada bagian permukaan isolator yang tidak ditemeli air hujan.

Berdasarkan bebannya isolator dibagi menjadi 2 jenis, yaitu :

#### **1. Isolator Tumpu (*Pin Insulator*)**

Beban yang dipikul oleh isolator berupa beban berat penghantar, jika penghantar dipasang di bagian atas isolator (*top side*) untuk tarikan dengan sudut maksimal  $2^\circ$  dan beban tarik ringan jika penghantar dipasang di bagian sisi

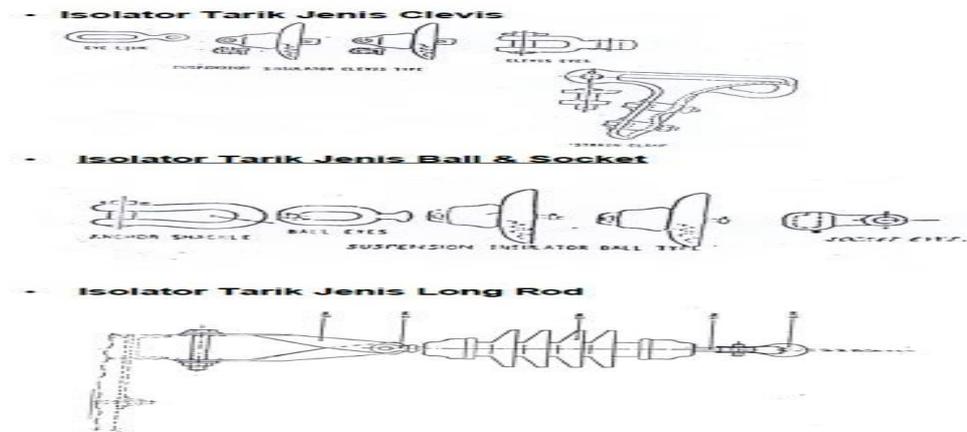
( leher ) isolator untuk tarikan dengan sudut maksimal  $18^\circ$  . Isolator dipasang tegak-lurus di atas *traverst*.

		Pin – Insulator
		Pin – Post Insulator
		Line – Post Insulator

Gambar 2.5 Jenis-Jenis Isolator Tumpu (sumber: Standar Konstruksi PLN)

## 2. Isolator Tarik (*Strain Insulator*)

Beban yang dipikul oleh isolator berupa beban berat penghantar ditambah dengan beban akibat pengencangan ( tarikan ) penghantar, seperti pada konstruksi tiang awal / akhir, tiang sudut, tiang percabangan dan tiangpenegang. Isolator dipasang di bagian sisi Travers atau searah dengan tarikan penghantar. Penghantar diikat dengan *Strain Clamp* dengan pengencangan mur bautnya.



Gambar 2.6 Jenis-Jenis Isolator Tarik (sumber: Standar Konstruksi PLN)

Untuk mengikat penghantar aluminium pada isolator, ada dua jenis ikatan yang dapat dibuat. Ikatan alur puncak (pada isolator pasak) sering dipakai pada penopang lurus. Pada isolator belunggu dengan klem D, pengikat alur sisi digunakan untuk penopang sudut maupun lurus. Pada tiang-tiang dengan isolator pasak, digunakan alur sisi (Standar Konstruksi PLN : 2010).

#### d. Konduktor

Konduktor berfungsi untuk menghantarkan arus listrik. Penghantar untuk saluran udara biasanya disebut kawat yaitu penghantar tanpa isolasi (telanjang), sedangkan untuk saluran dalam tanah atau saluran udara berisolasi biasanya disebut dengan kabel.

Bahan-bahan yang dipakai untuk penghantar harus memenuhi persyaratan-persyaratan sebagai berikut :

- 1) Konduktifitasnya cukup baik;
- 2) kekuatan mekanisnya (kekuatan tarik) cukup tinggi;
- 3) koefisien muai panjangnya kecil;

- 4) modulus kenyalnya (modulus elastisitet)cukup besar; dan
- 5) ringan dan tidak rapuh.

Untuk mendapatkan penghantar dengan persyaratan di atas dan ditinjau dari segi ekonomis masih menguntungkan, maka bahan penghantar yang bnyak digunakan sebagai saluran tenaga listrik adalah logam aluminium dan tembaga.

Untuk penghantar ukuran kecil, hanya bisa terdiri atas satu kawat, tetapi untuk ukuran yang besar terdiri beberapa kawat yang dipilin menjadi satu untuk keperluan kelenturan, maka kuat tarik dan daya hantar akan menjadi lebih besar dibandingkan dengan penghantar yang hanya terdiri atas satu kawat.

Klasifikasi konduktor menurut bahannya :

*Logam Murni*

BCC : *Bare Copper Conductor*

AAC : *All Aluminium Conductor*

*Logam Campuran (Alloy)*

AAAC : *All Aluminium Alloy Conductor*

*Logam Paduan*

*Copper Clad Steel* : Kawat Baja Berlapis Tembaga

*Aluminium Clad Steel* : Kawat Baja Berlapis Aluminium.

*Kawat Lilit Campuran*

ACSR : *Aluminium Cable Steel Reinforced*

Lambang-lambang yang menunjukkan berbagai jenis penghantar aluminium sebagai berikut:

**AAC**: *All Aluminium Conductor*, Penghantar aluminium

**AAAC** : *All Aliminium Alloy Conductor*, Penghantar aluminium paduan

**ACSR** : *All Conductor Steel-Reinforced*, Penghantar aluminium diperkuat dengan baja

**ACAR** : *All Conductor Alloy Reinforced*, penghantar aluminium diperkuat dengan logam paduan.

Penghantar aluminium paduan mempunyai kuat tarik yang lebih tinggi dibandingkan dengan penghantar aluminium biasa.

Untuk lebih meningkatkan keamanan dan keandalan penyaluran tenaga listrik, penggunaan penghantar telanjang atau penghantar berisolasi setengah pada konstruksi jaringan Saluran Udara Tegangan Menengah 20 kV, dapat juga digantikan dengan konstruksi penghantar berisolasi penuh yang dipilin.

Klasifikasi Konduktor Menurut Konstruksinya :

1. Kawat padat (*solid wire*) berpenampang bulat;
2. kawat berlilit (*standart wire*) terdiri 7 sampai dengan 61 kawat padat yang dililit menjadi satu, biasanya berlapis dan konsentris; dan
3. kawat berongga (*hollow conductor*) adalah kawat beronggayang dibuat untuk mendapatkan garis tengah luar yang besar (Daman Suswanto : 2009).

Klasifikasi Konduktor Menurut Bentuk Fisiknya :

1. Konduktor telanjang; dan
2. konduktor berisolasi.

Tabel 2.4 KHA Terus – Menerus untuk Tiga Kabel Tanah Berinti Tunggal, Berpenghantar Tembaga, Berisolasi dan Berselubung PVC, dengan Tegangan Pengenal 0,6/1 kV, 3,6/6 kV, (7,2 kV), dan 6/10 kV (12 kV) yang Dipasang Sejajar Pada Suatu Sistem Fase Tiga Pada Suhu Keliling 30°C

Jenis kabel	Luas penampang nominal  mm <sup>2</sup>	KHA terus menerus					
		Tegangan pengenal 0,6/1 kV (1,2 kV)		Tegangan pengenal 3,6/6 kV (7,2 kV)		Tegangan pengenal 6/10 kV (12 kV)	
		di tanah	di udara	di tanah	di udara	di tanah	di udara
		A	A	A	A	A	A
1	2	3	4	5	6	7	8
	16	119	103	-	-	-	-
	25	153	137	149	143	146	140
NYC	35	183	169	178	174	174	170
NYCY	50	216	206	210	210	203	205
NYCWY							
NYHSY	70	265	261	256	263	248	256
NYSY	95	316	321	304	321	294	311
NYKY	120	359	374	342	370	332	359
NYSKY							
NYKBY	150	402	428	372	413	361	401
NYSKBY	185	454	494	416	472	403	457
	240	527	590	474	553	461	536
	300	544	678	526	625	510	607
	400	686	817	573	711	554	690
	500	774	940	-	-	-	-

(sumber : PUIL 2000)  
Tabel 2.5 KHA Terus – Menerus dari Penghantar Campuran Aluminium Paduan Telanjang (AAAC)

Luas penampang mm <sup>2</sup>	KHA terus-menerus A
16	105
25	135
35	170
50 (7 kawat)	210
50 (19 kawat)	210
70	155
95	320
120	365
150	425
185	490
240	585
300	670
400	810
500	930
630	1075
800	1255
1000	1450

(sumber : PUIL 2000)

Tabel 2.6 Konstruksi Penghantar Udara Campuran Aluminium Telanjang (AAAC)

Luas penampang nominal mm <sup>2</sup>	Luas penampang sebenarnya mm <sup>2</sup>	Jumlah kawat	Diameter kawat campuran aluminium nominal mm	Diameter penghantar nominal mm	Berat penghantar kira-kira kg/km	Kuat tarik putus penghantar N
1	2	3	4	5	6	7
16	16,84	7	1,75	5,25	46	4.700
25	27,83	7	2,25	6,75	76	7.750
35	34,36	7	2,5	7,5	94	9.600
50	49,48	7	3,0	9,0	135	13.850
50	45,7	19	1,75	8,75	126	12.750
70	75,55	19	2,25	11,25	208	21.100
95	93,27	19	2,5	12,5	256	26.100
120	112,85	19	2,75	13,75	310	31.550
150	147,11	37	2,25	15,75	406	41.100
185	181,62	37	2,5	17,5	501	50.750
240	242,54	61	2,25	20,25	670	67.750
300	299,43	61	2,5	22,5	827	83.700
400	431,18	61	3,0	27,0	1195	120.550
500	506,04	61	3,25	29,25	1402	141.400
630	643,24	91	3,0	33,0	1782	179.750
800	754,91	91	3,25	35,75	2092	211.000
1000	1005,06	91	3,75	41,25	2785	280.850

(sumber : PUIL 2000)

Jenis penghantar yang akan dipakai pada Saluran Udara Tegangan Menengah adalah jenis penghantar AAAC (*All Aluminium Alloy Conductor*), AAAC-S (*Half insulated/full insulated*) dengan luas penampang penghantar 35 mm<sup>2</sup>, 50 mm<sup>2</sup>, 70 mm<sup>2</sup>, 150 mm<sup>2</sup>, dan 240 mm<sup>2</sup>.

Tabel 2.7 Karakteristik Penghantar Aluminium JTR

Penghantar		KHA (A)	Resistansi Penghantar pada 29°C (ohm/Km)		Reaktansi pada F=50 Hz (ohm/km)
Jenis	Ukuran		Fasa	Netral	
Kabel <i>Twisted</i>	3x35+1x50mm <sup>2</sup>	125	0,867	0,581	0,3790
	3x50+1x50mm <sup>2</sup>	154	0,641	0,581	0,3678
	3x70+1x50mm <sup>2</sup>	196	0,443	0,581	0,3572
	3x95+1x50mm <sup>2</sup>	242	0,308	0,581	0,3449

(sumber : Standar Konstruksi PLN)

Dalam merancang sistem distribusi, yang harus diperhatikan adalah besarnya daya yang akan disalurkan. Untuk mengetahui besarnya daya listrik yang sesuai dengan bentuk atau jenis kabelnya dapat ditentukan dengan cara :

Daya total beban (P) untuk group/area sub-distribusi harus diketahui sehingga dapat dicari arus yang lewat.

Untuk beban 3 fasa :

$$P = \sqrt{3} \times V \times i \times \cos\phi \dots\dots\dots(2.1)$$

$$i = \frac{P}{(\sqrt{3} \times V \times \cos\phi)} \dots\dots\dots(2.2)$$

Dimana :

V : 380 V ( untuk JTM 20 kV)

Cos φ : Faktor daya sistem

Untuk menentukan panjang penghantar total terlebih dahulu ditentukan besarnya andongan (sag) dengan rumus :

$$S = \frac{W_c L^2}{8.T_0} \dots\dots\dots(2.3)$$

Dimana :S = Besarnya andongan/sag (m)

W<sub>c</sub>= Berat beban kawat penghantar (kg)

L = Panjang gawang (m)

T<sub>0</sub> = Tegangan tarik maksimum kawat penghantar (kg)

$$L = a + \frac{8s^2}{3a} \dots\dots\dots(2.4)$$

Dimana :L = Panjang penghantar andongan gawang (m)

a = Panjang gawang (m)

S = Besarnya andongan (m)

Selama proses distribusi tenaga listrik bisa terjadi jatuh tegangan (losses) dimana bisa dipengaruhi oleh beberapa factor, yaitu : tahanan saluran,

arus saluran, factor daya (Cos φ), serta panjang saluran. Adapun perhitungan untuk jatuh tegangan sebagai berikut :

$$\Delta v = (R \cdot I \cdot \cos\phi) + (X \cdot I \cdot \sin\phi) \dots\dots\dots (2.5)$$

$$R = \rho \frac{L}{A} \dots\dots\dots(2.6)$$

$$X = \text{Reaktansi jenis} \times \text{Panjang penghantar} \dots\dots\dots(2.7)$$

Dimana : R = Resistansi penghantar (Ω)

X = Reaktansi penghantar (Ω/km);

Untuk aluminium adalah 0,1 Ω/km

ρ = Resistansi jenis penghantar (Ωmm<sup>2</sup>/km);

untuk aluminium adalah 28,25 Ωmm<sup>2</sup>/km

A = Luas penampang

Tabel 2.8 Faktor Kebersamaan Untuk Jenis Daerah Pelayanan

No.	Jenis Daerah Pelayanan	Jumlah Sambungan	Fk
1.	Daerah perumahan Mewah	2 – 4	1
		5 – 8	0,9
		10 – 20	0,8
		21 – 40	0,7
		> 40	0,6
2.	Daerah heterogen (perumahan, bisnis)	2 – 4	1
		5 – 8	0,9
		10 – 20	0,8
		21 – 40	0,6
		> 40	0,4
3.	Daerah perumahan sedang / Campuran rumah biasa	2 – 4	1
		5 – 8	0,8
		10 – 20	0,7 – 0,7
		21 – 40	0,5
		> 40	0,4
4.	Daerah perumahan biasa/ Sederhana	2 – 4	1
		5 – 8	1
		10 – 20	1
		21 – 40	1
		> 40	0,9
5.	Daerah pertokoan		Rata-rata 0,9

6.	Daerah industri		Rata-rata 0,8
----	-----------------	--	---------------

(sumber : Standar Konstruksi PLN)

Arus nominal (In) adalah arus kerja yang mendasari pembuatan peralatan listrik. KHA atau kemampuan hantar arus adalah kemampuan suatu penghantar untuk mengalirkan arus sampai ke beban secara terus menerus.

Untuk menentukan kemampuan hantar arus pengaman dan luas penampang penghantar yang diperlukan, pertama-tama maka harus ditentukan arus nominal.

Untuk instalasi dengan saluran-saluran yang sangat panjang, harus juga diperhitungkan rugi tegangan dalam saluran-saluran ini. Susut tegangan di tiap-tiap titik beban tidak boleh melebihi 5% daripada tegangan diperlengkapan hubung bagi utama, yaitu perlengkapan hubung bagi yang berada di dekat KWh meter PLN. Berdasarkan rugi tegangan dan besar arus harus digunakan luas penampang penghantar yang berbeda, harus dipilih luas penampang yang paling besar. Akan tetapi pengaman lebur yang digunakan harus tetap berdasarkan beban yang dihubungkan karena aparatur yang dihubungkan harus diamankan terhadap beban lebih.

#### **e. Sambungan**

##### 1) Sambungan penyatu (*uji joint*)

Sambungan penyatu merupakan sebuah penyambung tekan aluminium. Penyambungan ini biasanya disuplai dengan isi campuran pemcekam yang kasar yang sesuai. Alat pengerut digunakan untuk menekan. Sambungan semacam ini digunakan pada ujung atau tengah-tengah bentangan.

##### 2) Sambungan pilin

Sambungan pilin adalah sambungan untuk pertengahan yang sederhana.

Sambungan ini terdiri dari bagian yaitu sebatang pipa baja dan sebatang pipa aluminium untuk menekan teras baja dan juga aluminiumnya. Sebuah kompresor portable dan kunci segi enam yang berbentuk lonjong digunakan untuk memasang sambungan ini.

### 3) Sambungan akhir

- a) Jenis kelongsong (*thimble*) merupakan jenis sambungan akhir yang digunakan pada penghantar ukuran kecil pada isolator piringan.
- b) *Uniterms* atau *Uniclamps* merupakan jenis jepitan kawat dan merupakan cara yang sesuai untuk akhir saluran distribusi pada isolator gelondong atau belunggu (*schakle*).
- c) Klem akhir merupakan jenis klem "*snooping*", cocok untuk akhiran pada isolator jenis piringan. Klem ini terbuat dari paduan aluminium dengan baut baja U yang digalvanis.

## f. Percabangan dan Peloncat

### 1) Percabangan Saluran Tekan

Percabangan saluran tekan ini berfungsi efektif. Keberhasilannya terutama disebabkan keserasiannya dalam penggunaan.

### 2) Klem alur sejajar

Klem jenis ini umumnya terbuat dari paduan aluminium atau baja yang digalvanis. Klem baja digunakan untuk penghantar atau kawat tanah. Klem dapat digunakan berbagai ukuran penghantar yang memenuhi syarat.

### 3) Klem alur sejajar universal

Klem ini dapat digunakan untuk berbagai ukuran penghantar. Untuk hubungan logam rangkap, kedua alur penghantar dilapisi timah.

#### 4) Sambungan jenis T yang dibaut

Sambungan jenis ini terbuat dari paduan aluminium dan baut-baut baja yang digalvanis dan digunakan secara luas untuk sambungan peloncat (jembatan) dan peralatan di gardu hubung serta sambungan T penghantar berukuran besar pada saluran.

Pada konstruksi SKUTM adalah menggunakan penghantar berisolasi setengah atau penghantar berisolasi penuh yang dipilin sebagai penghantar untuk jaringan distribusi 20 kV. Berat kabel pilin menjadi pertimbangan terhadap pemilihan kekuatan beban kerja tiang beton penopangnya.

#### **b) Saluran Kabel Tanah Tegangan Menengah (SKTM)**

Konstruksi saluran kabel tanah tegangan menengah merupakan konstruksi yang aman dan handal untuk menyalurkan tenaga listrik tegangan menengah namun kekurangannya adalah biaya pembangunannya relative mahal dibandingkan dengan saluran udara.

Kondisi ini disebabkan dengan konstruksi isolasi penghantar per fasa dan pelindung mekanis yang dipersyaratkan. Penggunaan saluran kabel bawah tanah tegangan menengah sebagai jaringan utama pendistribusian tenaga listrik adalah sebagai upaya utama dalam meningkatkan kualitas pendistribusian. Dibandingkan dengan SUTM, penggunaan SKTM dapat memperkecil resiko kegagalan operasi akibat factor eksternal/dapat meningkatkan keamanan ketenagalistrikan. Secara garis besar, SKTM dibedakan menjadi dua yaitu :

1. SKTM bawah tanah – *underground MV Cable*
2. SKTM laut – *Submarine MV Cable*

Adapun jenis isolasi kabel tanah yaitu diantaranya :

- 1) Kertas;
- 2) karet;
- 3) kain (dengan vernis);
- 4) PVC (*Poly Vinyl Chloride*); dan
- 5) XLPE (*Cross Linked Poly Ethylene*).

Diantara jenis isolasi diatas yang paling banyak digunakan yaitu isolasi XLPE karena mempunyai karakteristik paling baik diantara jenis isolasi lainnya, diantaranya lebih bersih, ringan (tidak memerlukan selubung logam), cara penyambungannya sederhana, dan suhu kerjanya lebih tinggi sehingga kapasitas penyalurannya lebih besar.

Dalam konstruksi Saluran Kabel Bawah Tanah, ada beberapa material/bahan yang perlu disiapkan, yaitu diantaranya :

1. Pasir urug;
2. batu patok/tanda;
3. sambungan kabel; dan
4. konektor

(Standar Konstruksi PLN : 2010)

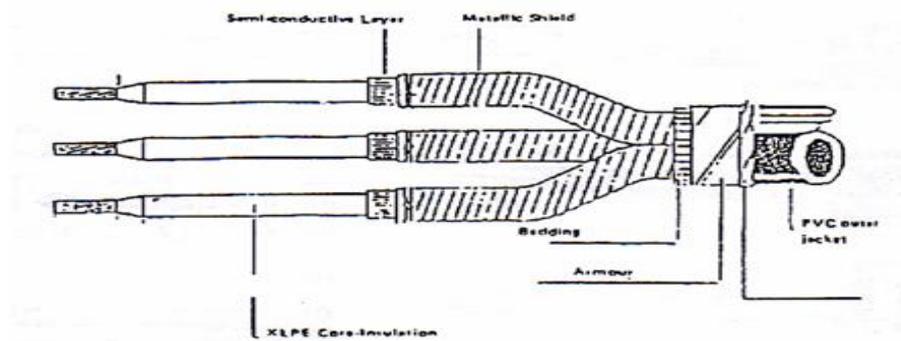
Saluran kabel bawah tanah dibuat untuk menghindari resiko bahaya yang terjadi pada pemukiman padat penduduk tanpa mengurangi keindahan lingkungan

.Menurut jumlah dan susunan hantarnya, kabel bawah tanah meliputi :

1. Kabel hantaran tunggal (*single – core cable*);
2. kabel tiga hantaran (*three – core cable*);

3. kabel sektoral (*sectoral cable*); dan
4. kabel dengan netral konsentris

(Daman Suswanto : 2009)



Gambar 2.7 Sambungan Kabel (sumber : Standar Konstruksi PLN)

Tabel 2.9 KHA Terus Menerus Kabel Tanah Berinti Tiga Berpenghantar Aluminium Berisolasi XLPE, Berpelindung Bebat Tembaga pada Tiap Inti, Berperisai Baja Serta Berselubung PVC dan Tegangan Pengenal 6/10 kV (12 kV), 8,7/15 kV (17,5 kV), dan 12/20 kV (24 kV) pada Suhu Keliling 30 °C atau Suhu Tanah 30 °C

Jenis kabel	Luas penampang nominal mm <sup>2</sup>	KHA terus menerus			
		Tegangan pengenal 6/10 kV (12kV)		Tegangan pengenal 8,7/15 kV (17,5 kV) & 12/20 kV (24 kV)	
		Di tanah A	Di udara A	Di tanah A	Di udara A
1	2	3	4	5	6
	35	137	139	127	139
	50	153	160	148	161
	70	189	199	179	204
NA2XSEYBY	95	226	242	214	242
NA2XSEYFGbY	120	257	280	246	282
NA2XSEYRGbY	150	288	318	272	319
	185	327	365	308	365
	240	380	431	358	425
	300	-	-	398	481

(sumber : PUIL2000)

#### D. Gardu Distribusi

## **1. Pengertian Gardu Distribusi**

Gardu distribusi merupakan salah satu komponen dari suatu sistem distribusi yang berfungsi untuk menghubungkan jaringan ke konsumen atau untuk membagikan / mendistribusikan tenaga listrik pada beban/konsumen baik konsumen tegangan menengah maupun konsumen tegangan rendah (Endi Sopyandi, 2012).

## **2. Jenis-Jenis Gardu Distribusi**

Secara garis besar gardu distribusi dibedakan atas :

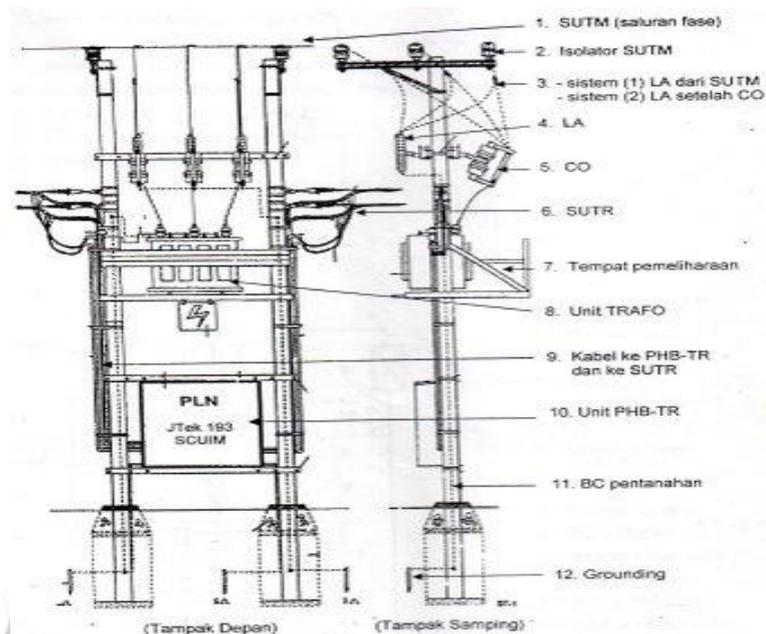
### **a) Jenis Pemasangannya**

#### **1) Gardu Pasangan Luar : Gardu Portal, Gardu Cantol**

Gardu distribusi pasangan luar merupakan gardu yang memiliki transformator dan PHB yang dipasang pada tiang jaringan dengan kapasitas transformator terbatas. Adapun gardu distribusi yang termasuk jenis gardu pasangan luar, yaitu :

##### **a. Gardu portal**

Gardu portal merupakan gardu distribusi yang semua instalasinya dipasang pada dua buah tiang atau lebih. Umumnya konfigurasi gardu tiang yang dicatu dari SUTM adalah T section dengan peralatan Pengaman Lebur *Cut-Out* (FCO) sebagai pengaman hubung singkat transormator dengan elemen pelebur (pengaman lebur link type explosion) dan *Lightning Arrester* (LA) sebagai sarana pencegah naiknya tegangan pada transormator akibat surja petir (Standar Konstruksi PLN : 2010)..



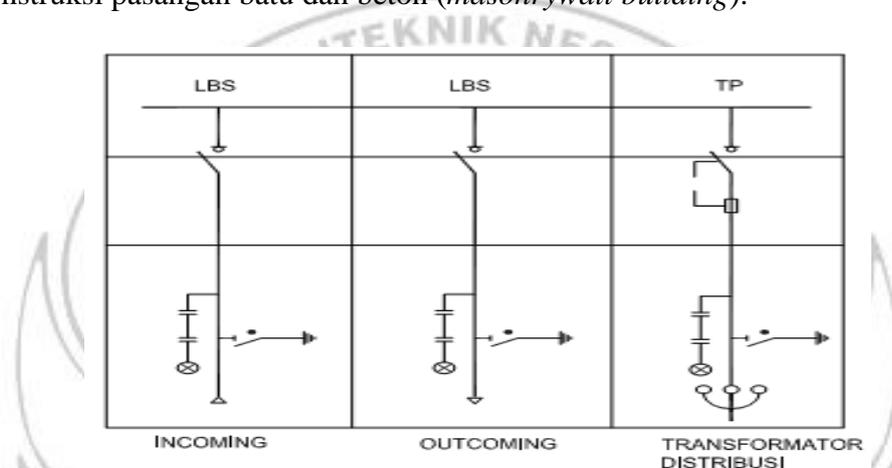
Gambar 2.8 Gardu Portal  
(Sumber: <http://cvaristonkupang.files.wordpress.com>)

#### b. Gardu Cantol

Gardu distribusi jenis ini biasanya dipasang pada satu tiang dengan kapasitas transformator  $\leq 100$  kVA fasa 3 atau fasa 1. Transformator yang terpasang adalah jenis CSP (*Completely Self Protected Transformer*) yaitu peralatan switching dengan proteksi yang sudah terpasang lengkap dalam tangki transformator. Perlengkapan perlindungan transformator tambahan LA (*Lightning Arrester*) dipasang terpisah dengan Penghantar pembumiannya yang dihubung langsung dengan badan transformator. Perlengkapan Hubung Bagi Tegangan Rendah (PHB-TR) maksimum 2 jurusan dengan saklar pemisah pada sisi masuk dan pengaman lebur (type NH, NT) sebagai pengaman jurusan. Semua Bagian Konduktif Terbuka (BKT) dan Bagian



Gardu distribusi jenis beton dibangun permanen pada lokasi yang telah ditentukan. Umumnya gardu beton dibangun untuk konsumen khusus atau daerah perkotaan yang sudah mantap planaloginya. Seluruh komponen utama instalasi yaitu transformator dan peralatan *switching*/proteksi, terangkai didalam bangunan sipil yang dirancang, dibangun dan difungsikan dengan konstruksi pasangan batu dan beton (*masonry wall building*).

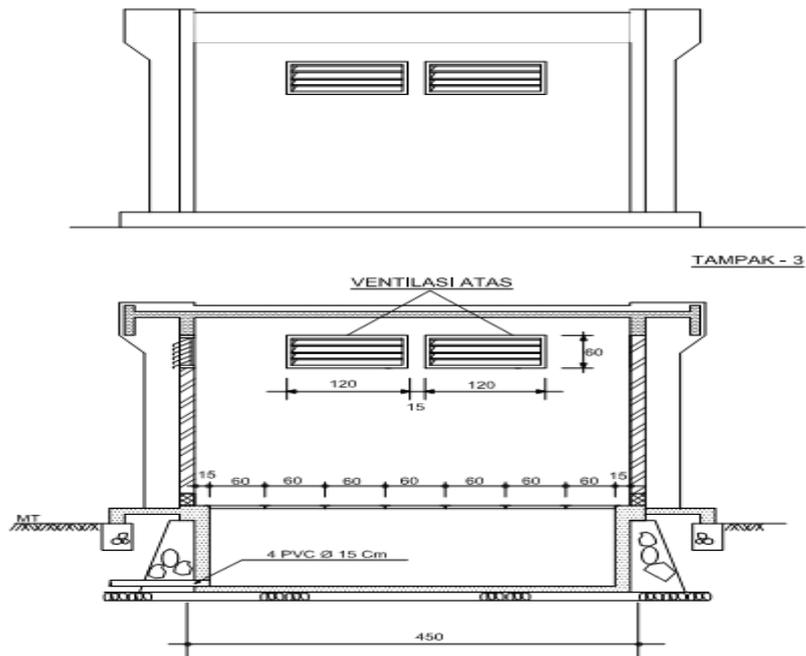


Gambar 2.10 Diagram Satu Garis Gardu Beton  
(Sumber :Standar Konstruksi PLN)

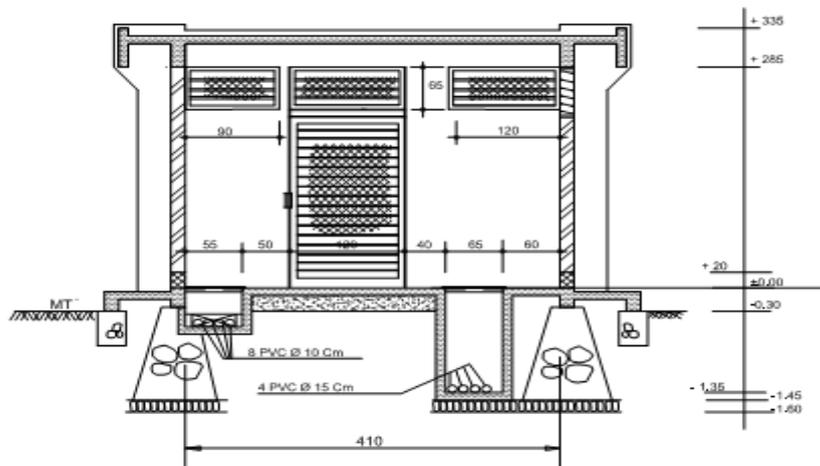
Karena seluruh peralatan berada dalam ruang tertutup, bangunan gardu secara keseluruhan tidak dipersyaratkan ruang bebas hambatan atau *Right of Way* (ROW) dari tegangan sentuh. Untuk kondisi di wilayah/perkotaan yang seringkali tidak dapat dikendalikan peruntukan/kepemilikan tanah gardu, maka diperlukan ruang bebas hambatan untuk tujuan perolehan udara yang dipersyaratkan bagi temperatur lingkungan (*ambient temperature*). Menurut standar, pengaturan tata-letak peralatan pada gardu beton pelanggan umum atau pelanggan khusus adalah : PHB-TR ditempatkan pada sisi masuk sebelah kiri atau sebelah kanan, Jarak antara PHB-TM dengan dinding sebelah kiri kanan tidak kurang dari 1 meter, jarak bagian belakang PHB atau badan







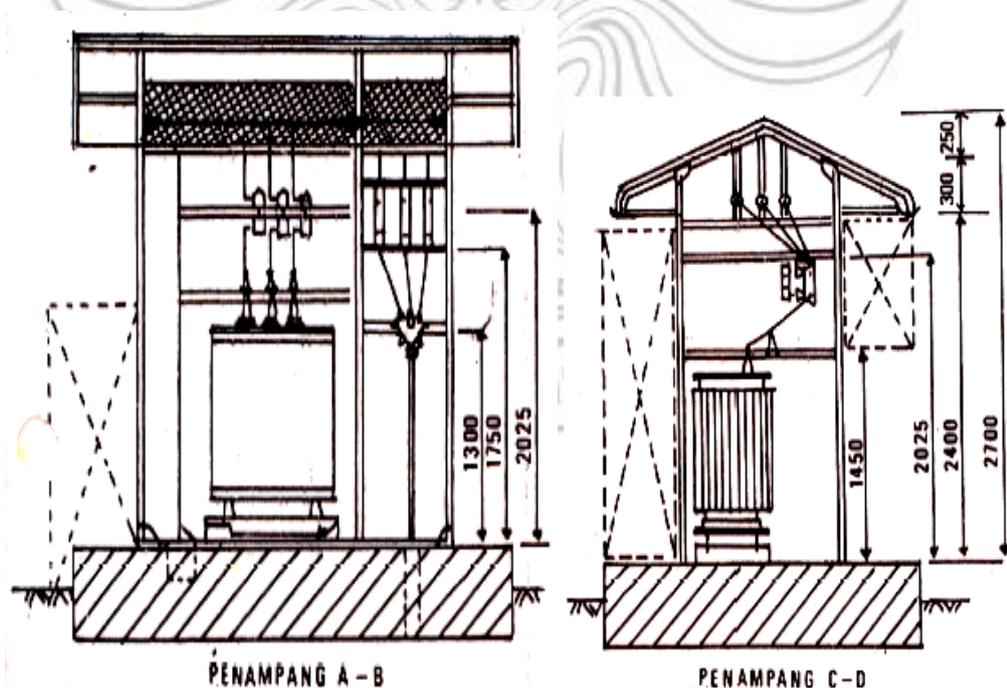
Gambar 2.13 Tampak Samping Gardu Beton (Sumber :Standar Konstruksi PLN)



Gambar 2.14 Tampak Depan Gardu Beton (Sumber :Standar Konstruksi PLN)

## b. Gardu Kios

Gardu tipe ini adalah bangunan *prefabricated* terbuat dari konstruksi baja, *fiberglass* atau kombinasinya, yang dapat dirangkai di lokasi rencana pembangunan gardu distribusi. Terdapat beberapa jenis konstruksi, yaitu Kios Kompak, Kios Modular dan Kios Bertingkat. Gardu ini dibangun pada tempat-tempat yang tidak diperbolehkan membangun Gardu Beton. Karena sifat mobilitasnya, maka kapasitas transformator distribusi yang terpasang terbatas. Kapasitas maksimum adalah 400 kVA, dengan 4 jurusan Tegangan Rendah. Khusus untuk Kios Kompak, seluruh instalasi komponen utama gardu sudah dirangkai selengkapnyanya di pabrik, sehingga dapat langsung diangkut ke lokasi dan disambungkan pada sistem distribusi yang sudah ada untuk difungsikan sesuai tujuannya (Daman Suswanto : 2009).



Gambar 2.15 Kosntruksi Gardu Kios ( Sumber : Standar Konstruksi PLN)

## **b) Jenis Penggunaannya**

### **1) Gardu Pelanggan Umum**

Gardu pelanggan umum merupakan gardu distribusi yang dirancang untuk sambungan tenaga listrik bagi konsumen umum. Umumnya konfigurasi peralatan Gardu Pelanggan Umum adalah  $\pi$  section, sama halnya seperti dengan Gardu Tiang yang dicatu dari SKTM. Karena keterbatasan lokasi dan pertimbangan keandalan yang dibutuhkan, dapat saja konfigurasi gardu berupa  $T$  section dengan catu daya disuplai PHB-TM gardu terdekat yang sering disebut dengan Gardu Antena.

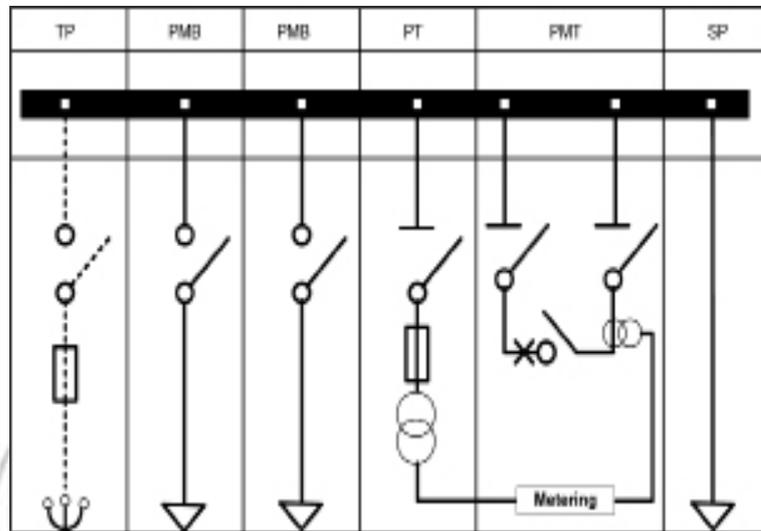
Untuk tingkat keandalan yang dituntut lebih dari Gardu Pelanggan Umum biasa, maka gardu dipasok oleh SKTM lebih dari satu penyulang sehingga jumlah saklar hubung lebih dari satu dan dapat digerakan secara Otomatis (*ACOS : Automatic Change Over Switch*) atau secara *remote control* (Standar Konstruksi PLN : 2010).

### **2) Gardu Pelanggan Khusus**

Gardu pelanggan khusus merupakan gardu distribusi yang dirancang khusus untuk sambungan tenaga listrik bagi pelanggan berdaya besar. Selain komponen utama peralatan hubung dan proteksi, gardu ini dilengkapi dengan alat-alat ukur yang dipersyaratkan.

Untuk pelanggan dengan daya lebih dari 197 kV, komponen utama gardu distribusi adalah peralatan PHB-TM, proteksi dan pengukuran tegangan menengah. Transformator penurun tegangan berada disisi pelanggan atau diluar area kepemilikan dan tanggung jawab PT PLN (Persero). Pada umumnya, gardu pelanggan khusus ini dapat juga dilengkapi dengan

transformator untuk melayani pelanggan umum (Standar Konstruksi PLN : 2010).



Gambar 2.16 Bagan Satu Garis Gardu Pelanggan Khusus  
(Sumber : Standar Konstruksi PLN)

### c) Gardu Hubung

Gardu Hubung disingkat GH atau *Switching Substation* adalah gardu yang berfungsi sebagai sarana manuver pengendali beban listrik jika terjadi gangguan aliran listrik, program pelaksanaan pemeliharaan atau untuk maksud mempertahankan kontinuitas pelayanan

Isi dari instalasi Gardu Hubung adalah rangkaian saklar beban (*Load Break switch – LBS*), dan atau pemutus tenaga yang terhubung paralel. Gardu Hubung juga dapat dilengkapi sarana pemutus tenaga pembatas beban pelanggan khusus Tegangan Menengah.

Konstruksi Gardu Hubung sama dengan Gardu Distribusi tipe beton. Pada ruang dalam Gardu Hubung dapat dilengkapi dengan ruang untuk Gardu Distribusi yang terpisah dan ruang untuk sarana pelayanan kontrol jarak jauh.

Ruang untuk sarana pelayanan kontrol jarak jauh dapat berada pada ruang yang sama dengan ruang Gardu Hubung, namun terpisah dengan ruang Gardu Distribusinya.

Berdasarkan kebutuhannya, gardu hubung dibagi menjadi :

- 1) Gardu hubung untuk 7 buah sel kubikel;
- 2) gardu hubung untuk (7+7) buah sel kubikel; dan
- 3) gardu hubung untuk (7+7+7+7) buah sel kubikel.

Penggunaan kelompok – kelompok sel tersebut bergantung atas sistem yang digunakan pada suatu daerah operasional, misalnya Spindel, Spotload, Fork, Bunga, dan lain – lain. Spesifikasi teknis sel – sel kubikel gardu hubung samadengan spesifikasi teknis Gardu Distribusi, kecuali kemungkinan kemampuan Arus Nominalnya yang bisa berbeda (Standar Konstruksi PLN : 2010).

### **3. Komponen Gardu Distribusi**

#### **1) Transformator Distribusi**

Transformator distribusi digunakan untuk membagi/menyalurkan arus atau energi listrik dengan tegangan distribusi supaya jumlah rugi-rugi daya pada saluran tidak terlalu banyak. Untuk mengurangi panas akibat pembebanan pada transformator, maka diperlukan pendinginan (Daman Suswanto).

Adapun prinsip kerja dari transformator secara umum yaitu transformator miliki dua kumparan yaitu kumparan primer dan kumparan sekunder, dan kedua kumparan ini bersifat induktif. Kedua kumparan ini

terpisah secara elektris namun berhubungan secara magnetis melalui jalur yang memiliki reluktansi ( *reluctance* ) rendah. Apabila kumparan primer dihubungkan dengan sumber tegangan bolak-balik maka fluks bolak-balik akan muncul di dalam inti yang dilaminasi, karena kumparan tersebut membentuk jaringan tertutup maka mengalirlah arus primer. Akibat adanya fluks di kumparan primer maka di kumparan primer terjadi induksi ( *self induction* ) dan terjadi pula induksi di kumparan sekunder karena pengaruh induksi dari kumparan primer atau disebut sebagai induksi bersama ( *mutual induction* ) yang menyebabkan timbulnya fluksmagnet di kumparan sekunder, maka mengalirlah arus sekunder jika rangkaian sekunder dibebani, sehingga energi listrik dapat ditransfer keseluruhan (Daman Suswanto : 2009).

Transformator distribusi dibagi menjadi dua, yaitu :

**a. Transformator Distribusi Fasa 3**

Sesuai dengan namanya maka trafo tiga fasa bekerja pada tegangan yang memiliki tiga buah fasa. Sebuah transformator tiga fasa secara prinsip sama dengan sebuah transformator satu fasa, perbedaan yang paling mendasar adalah pada sistem kelistrikannya yaitu sistem satu fasa dan satu fasa. Sehingga trafo tiga fasa bisa dihubung bintang, segitiga, atau zig-zag. Trafo tiga fasa banyak digunakan pada sistem transmisi dan distribusi tenaga listrik karena pertimbangan ekonomis (Daman Suswanto : 2009).

**b. Transformator *Completely Self Protected* (CSP)**

Trafo CSP merupakan trafo yang memiliki peralatan proteksi terintegrasi terhadap petir, beban lebih, dan hubung singkat. Trafo ini sudah dilengkapi dengan pengaman lebur (fuse) pada sisi sekunder serta lightning arrester yang terpasang langsung pada tangki trafo sebagai proteksi terhadap petir (Daman Suswanto : 2009).

## 2) Peralatan Pengaman pada sisi Tegangan Menengah

Adapun yang menjadi pengaman pada sisi tegangan menengah yaitu :

### a. *Fuse Cut Out* (FCO)

*Fuse cut out* (sekring) adalah suatu alat pengaman yang melindungi jaringan terhadap arus beban lebih (*over load current*) yang mengalir melebihi dari batas maksimum, yang disebabkan karena hubung singkat (*short circuit*) atau beban lebih (*over load*). *Fuse cut out* ini hanya dapat memutuskan satu saluran kawat jaringan di dalam satu alat.

Jenis *fuse cut out* ini untuk jaringan distribusi digunakan dengan saklar pemisah. Pada ujung atas dihubungkan dengan kontak-kontak yang berupa pisau yang dapat dilepaskan. Sedangkan pada ujung bawah dihubungkan dengan sebuah engsel (Daman Suswanto : 2009).

Pada umumnya fuse *cutout* dipasang antara trafo distribusi dengan saluran distribusi primer. Pada saat terjadi gangguan, elemen fuse akan melebur dan memutuskan rangkaian sehingga akan melindungi trafo distribusi dari kerusakan akibat gangguan dan arus lebih pada saluran primer, atau sebaliknya memutuskan saluran primer dari trafo distribusi apabila terjadi gangguan pada trafo atau

jaringan sisi sekunder sehingga akan mencegah terjadinya pemadaman pada seluruh jaringan primer.



Gambar 2.17 *Fuse cut out* (sumber <http://right-eg.com>)

### b. *Lightning Arrester (LA)*

*Lightning arrester* adalah suatu alat pengaman yang melindungi jaringan dan peralatannya terhadap tegangan lebih abnormal yang terjadi karena sambaran petir (*flash over*) dan karena surja hubung (*switching surge*) di suatu jaringan. Alat pelindung terhadap gangguan surya ini berfungsi melindungi peralatan sistem tenaga listrik dengan cara membatasi surja tegangan lebih yang datang dan mengalirkannya ke tanah (Daman Suswanto : 2009).



Gambar 2.18 *Lightning Arrester* (Sumber <http://arrester.wordpress.com>)

### c. *Pembumian (Grounding)*

Sistem pentanahan adalah suatu tindakan pengamanan dalam jaringan distribusi yang langsung rangkaiannya ditanahkan dengan cara mentanahkan

badan peralatan instalasi yang diamankan, sehingga bila terjadi kegagalan isolasi, terhambatlah atau bertahannya tegangan sistem karena terputusnya arus oleh alat-alat pengaman tersebut. Agar sistem pentanahan dapat bekerja secara efektif, harus memenuhi persyaratan sebagai berikut :

- 1) Membuat jalur impedansi rendah ke tanah untuk pengaman peralatan menggunakan rangkaian yang efektif;
- 2) dapat melawan dan menyebarkan gangguan berulang dan arus akibat surja hubung (*surge current*);
- 3) menggunakan bahan tahan terhadap korosi terhadap berbagai kondisi kimiawi tanah;
- 4) untuk menyakinkan kontinuitas penampilan sepanjang umur peralatan yang dilindungi; dan
- 5) menggunakan sistem mekanik yang kuat namun mudah dalam pelayanannya.

Adapun fungsi dari pembumian adalah sebagai berikut:

- 1) Mencegah terjadinya perbedaan potensial antara bagian tertentu dari instalasi secara aman;
- 2) mengalirkan arus gangguan ke tanah sehingga aman bagi manusia dan peralatan;
- 3) mencegah timbul bahaya sentuh tidak langsung yang menyebabkan tegangan kejut;
- 4) melindungi peralatan/saluran dari bahaya kerusakan yang diakibatkan oleh adanya gangguan ke tanah;

- 5) melindungi peralatan/saluran dari bahaya kerusakan isolasi yang diakibatkan tegangan lebih;
- 6) untuk keperluan proteksi jaringan; dan
- 7) melindungi mahluk hidup terhadap tegangan langkah (step voltage) dan tegangan sentuh (Garslandi : 2014).

#### **d. PHB Sisi Tegangan Menengah (PHB-TM)**

PHB sisi tegangan menengah adalah suatu kombinasi atau lebih perlengkapan hubung bagi tegangan menengah dengan peralatan kontrol, peralatan ukur, pengaman dan kendali yang saling berhubungan. Adapun komponen utama dari PHB-TM adalah :

##### **1. Pemisah (*Disconnecting Switch*)**

Berfungsi sebagai pemisah atau penghubung instalasi listrik 20 kV. Pemisah hanya dapat dioperasikan dalam keadaan tidak berbeban (Standar Konstruksi PLN : 2010).

##### **2. Pemutus Beban (*Load Break Switch*)**

Berfungsi sebagai pemutus atau penghubung instalasi listrik 20 kV. Pemutus beban dapat dioperasikan dalam keadaan berbeban dan terpasang pada kabel masuk atau keluar gardu distribusi (Standar Konstruksi PLN : 2010)

##### **3. Pemutus Tenaga (*Circuit Breaker*)**

Berfungsi sebagai pemutus dan penghubung arus listrik dengan cepat dalam keadaan normal maupun gangguan hubung singkat. Peralatan Pemutus Tenaga (PMT) ini sudah dilengkapi dengan rele proteksi arus lebih

(*Over Current Relay*) dan dapat difungsikan sebagai alat pembatas beban (Standar Konstruksi PLN : 2010).

### **3) Peralatan Pengaman pada Sisi Tegangan Rendah**

PHB-TR adalah suatu kombinasi dari satu atau lebih Perlengkapan Hubung Bagi Tegangan Rendah dengan peralatan kontrol, peralatan ukur, pengaman dan kendali yang saling berhubungan. Keseluruhannya dirakit lengkap dengan sistem pengawatan dan mekanis pada bagian-bagian penyangganya.

Secara umum PHB TR sesuai SPLN 118-3-1-1996, untuk pasangan dalam adalah jenis terbuka. Rak TR pasangan dalam untuk gardu distribusi beton. PHB jenis terbuka adalah suatu rakitan PHB yang terdiri dari susunan penyangga peralatan proteksi dan peralatan Hubung Bagi dengan seluruh bagian-bagian yang bertegangan, terpasang tanpa isolasi. Jumlah jurusan per transformator atau gardu distribusi sebanyak-banyaknya 8 jurusan, disesuaikan dengan besar daya transformator dan Kemampuan Hantar Arus ( KHA ) Penghantar JTR yang digunakan. Pada PHB-TR harus dicantumkan diagram satu garis, arus pengenal gawai proteksi dan kendali serta nama jurusan JTR. Sebagai peralatan sakelar utama saluran masuk PHB-TR, dipasangkan Pemutus Beban (LBS) atau NFB (*No Fused Breaker*).

Pengaman arus lebih (*Over Current*) jurusan disisi Tegangan Rendah pada PHB-TR dibedakan atas :

1. ***No Fuse Breaker (NFB)***

*No Fused Breaker* adalah breaker/pemutus dengan sensor arus, apabila ada arus yang melewati peralatan tersebut melebihi kapasitas breaker,

maka sistem magnetik dan bimetalic pada peralatan tersebut akan bekerja dan memerintahkan breaker melepas beban.

## 2. Pengaman Lebur (sekering)

Pengaman lebur adalah suatu alat pemutus yang dengan meleburnya bagian dari komponennya yang telah dirancang dan disesuaikan ukurannya untuk membuka rangkaian dimana sekering tersebut dipasang dan memutuskan arus bila arus tersebut melebihi suatu nilai tertentu dalam jangka waktu yang cukup.

Fungsi pengaman lebur dalam suatu rangkaian listrik adalah untuk setiap saat menjaga atau mengamankan rangkaian berikut peralatan atau perlengkapan yang tersambung dari kerusakan, dalam batas nilai pengenalnya (SPLN 64:1985:24).

Berdasarkan konstruksinya Pengaman Lebur untuk Tegangan Rendah dapat digolongkan menjadi :

### a. Pelebur Tabung Semi Terbuka

Pelebur ini mempunyai harga nominal sampai 1000 Ampere. Penggunaannya sebagai pengaman pada saluran induk Jaringan Tegangan Rendah, saluran induk Instalasi Penerangan maupun Instalasi Tenaga. Apabila elemen lebur dari pelebur ini putus dapat dengan mudah diganti.

### b. Pelebur Tabung Tertutup (tipe NH atau NT)

Jenis pengaman lebur ini paling banyak digunakan. Pemilihan besar rating pengaman pelebur sesuai dengan kapasitas transformator.

## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

#### **A. Tempat dan Waktu Penelitian**

Penelitian Tugas Akhir “Perancangan Sistem Distribusi Tenaga Listrik untuk Penyulang PT. Macrolink Nickel Development di Kab.Bantaeng Sulawesi Selatan” dilaksanakan pada bulan April - September 2014, di Perusahaan Pengolahan Biji Nikel PT. Macrolink Nickel Development.

#### **B. Objek Penelitian**

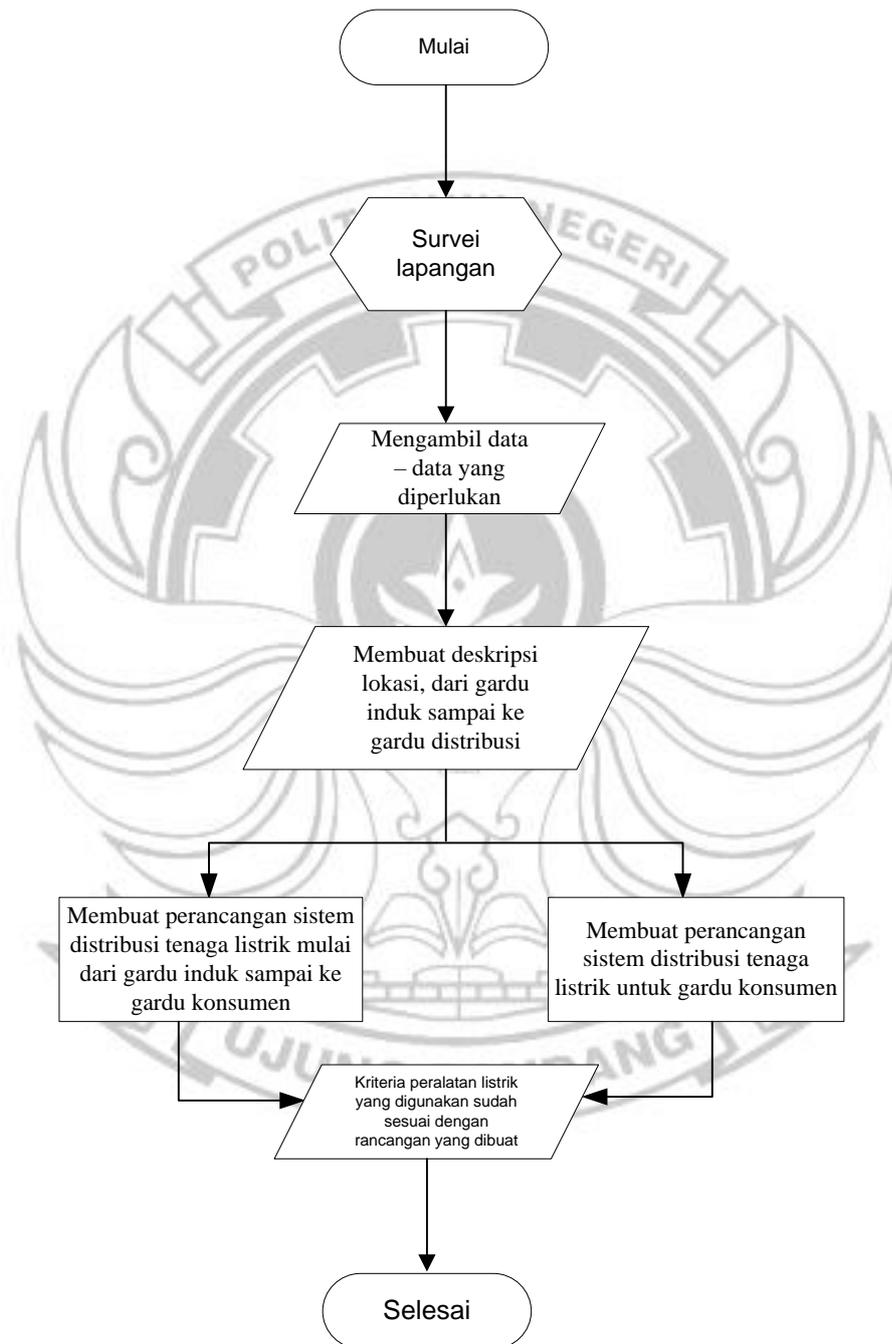
Penulis merancang sistem distribusi tenaga listrik, untuk keperluan penyulang Perusahaan Pengolahan Biji Nikel PT. Macrolink Nickel Development, mulai dari gardu induk (GI) sampai pada gardu konsumennya.

#### **C. Prosedur Penelitian**

Prosedur dalam melakukan penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Melakukan survey lapangan pada lokasi pembangunan Perusahaan Pengolahan Biji Nikel PT. Macrolink Nickel Development;
2. mengambil data yang diperlukan untuk perancangan sistem distribusi tenaga listrik;
3. membuat deskripsi lokasi, dari gardu induk sampai ke gardu distribusi untuk penyulang PT. Macrolink Nickel Development;
4. membuat perancangan sistem distribusi tenaga listrik mulai dari gardu induk sampai pada gardu distribusi PT. Macrolink Nickel Development;

5. membuat perancangan sistem distribusi tenaga listrik untuk instalasi konsumen milik PT. Macrolink Nickel Development; dan
6. Setelah semuanya rampung maka penelitian selesai.



Gambar 3.1 Flowchart Prosedur Penelitian

## **D. Metode Pengumpulan Data**

Penelitian ini menggunakan empat metode pengumpulan data.

### **1. Studi Literatur**

Studi Literatur yang dilakukan seperti membaca buku – buku, situs – situs dan dokumen – dokumen yang berhubungan dengan judul penelitian dan menunjang proses penyelesaian penelitian tugas akhir ini, adalah dengan cara :

1. Mempelajari secara umum tentang sistem distribusi tenaga listrik, khususnya sistem distribusi untuk industri;
2. mempelajari tentang bagaimana perancangan sistem distribusi tenaga listrik dari gardu induk sampai gardu distribusi;
3. mempelajari jenis – jenis penghantar yang digunakan pada gardu induk sampai gardu distribusi;
4. mempelajari tentang bagaimana membuat perancangan sistem distribusi tenaga listrik untuk instansi konsumen; dan
5. mempelajari tentang bagaimana menentukan kriteria penghantar yang digunakan dalam sistem distribusi, mulai dari jenis, luas penampang dan panjangnya.

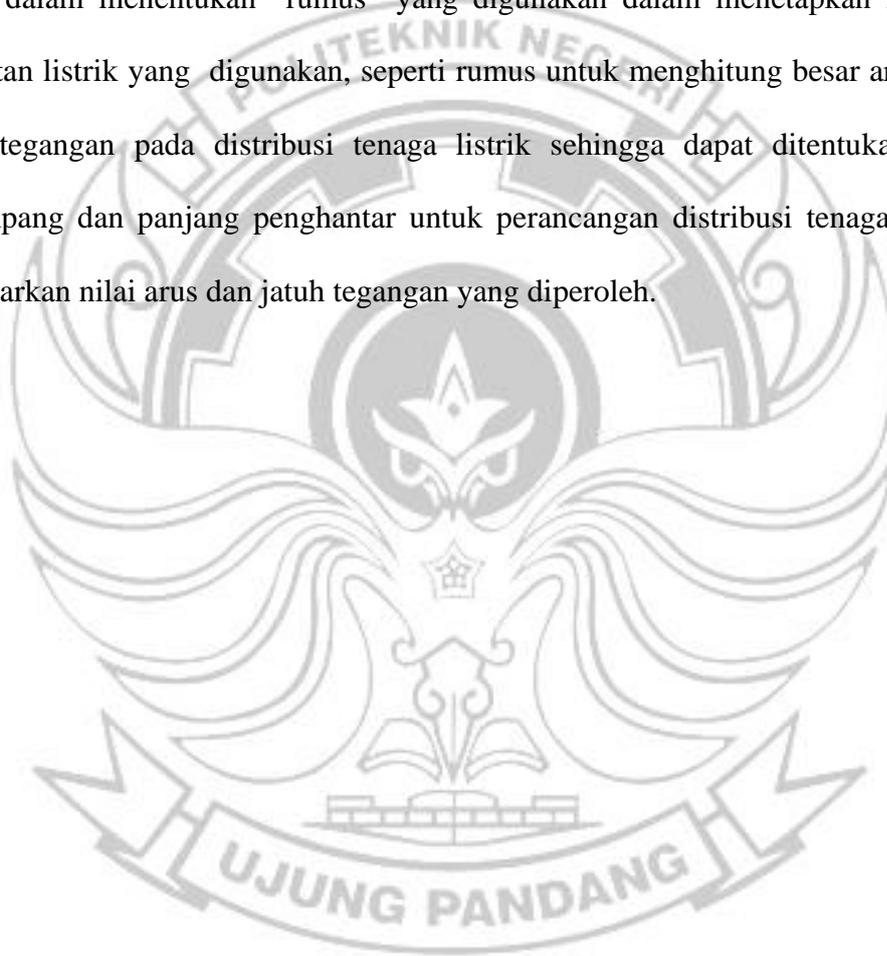
### **2. Survei Lapangan**

Kegiatan survei lapangan ini dilakukan agar dapat mengetahui kondisi ril dari hal yang diteliti. Selain itu, pada kegiatan ini juga dirangkaikan dengan mengambil data yang diperlukan untuk melaksanakan penelitian pada perusahaan tersebut.

## **E. Metode Analisis Data**

Analisis data yang digunakan adalah analisis deskriptif, yaitu suatu metode yang dilakukan dengan cara mengumpulkan fakta – fakta apa adanya, berupa data dan informasi yang relevan dengan permasalahan penelitian.

Hasil yang diperoleh melalui analisis deskriptif ini digunakan sebagai acuan dalam menentukan rumus yang digunakan dalam menetapkan kriteria peralatan listrik yang digunakan, seperti rumus untuk menghitung besar arus dan jatuh tegangan pada distribusi tenaga listrik sehingga dapat ditentukan luas penampang dan panjang penghantar untuk perancangan distribusi tenaga listrik berdasarkan nilai arus dan jatuh tegangan yang diperoleh.



## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### A. Hasil

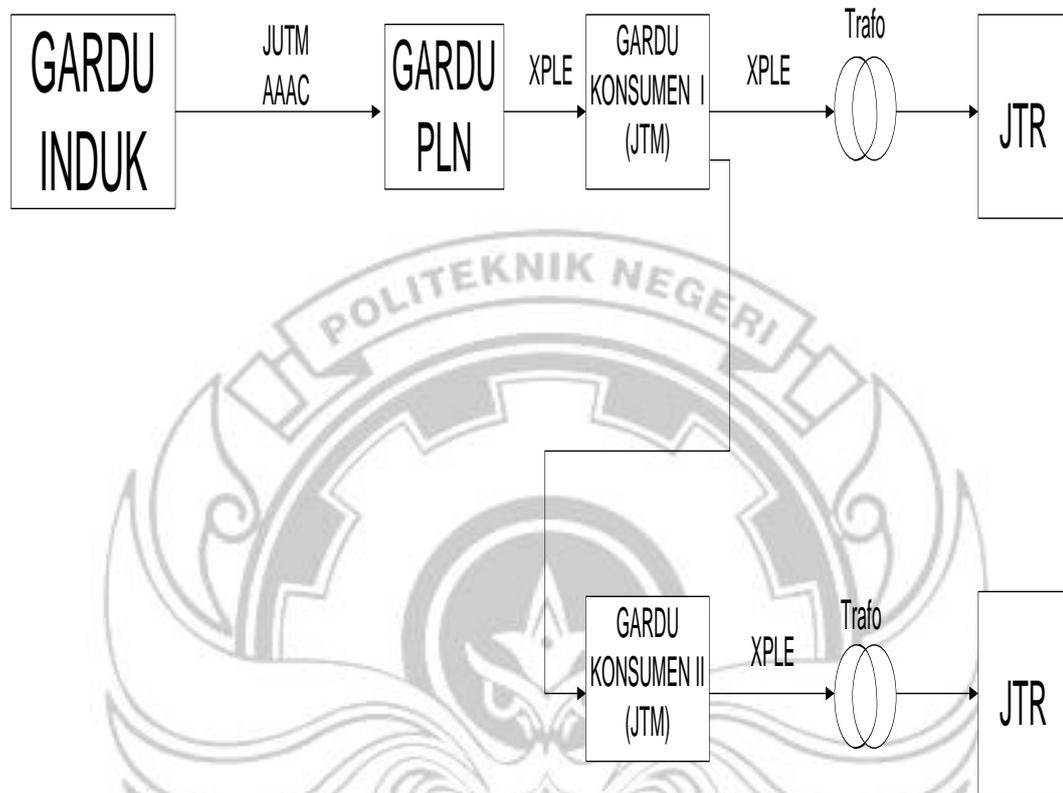
##### 1. Umum

Perusahaan swasta yang menjadi investor untuk pembangunan *smelter* di kabupaten Bantaeng Sulawesi Selatan, salah satunya adalah PT. Macrolink Nickel Development (MND). PT. Macrolink Nickel Development merupakan perusahaan swasta Indonesia yang didirikan oleh perusahaan swasta dari China yaitu Macro-Link International Mining Limited (Tejo, 2013). Untuk mewujudkan pembangunan pengolahan biji nikel ini tentu memerlukan pasokan energi listrik yang memadai dari pihak PLN.

PT. Macrolink Nickel Development merupakan pelanggan tegangan menengah, sehingga berdasarkan kondisi tersebut dibutuhkan perancangan instalasi konsumen. Besarnya daya listrik yang dibutuhkan khusus untuk persiapan pembangunan penyulangannya adalah sebesar 2,4 MW yang akan dilayani melalui 2 transformator yaitu transformator 1600 kVA dan transformator 800 kVA.

Pihak PLN selaku pemasok daya hanya melayani sampai pada pengukuran disisi tegangan menengah 20 kV, sehingga belum ada jaringan distribusi tenaga listrik untuk memenuhi kebutuhan pembangunan *smelter* tersebut. Oleh

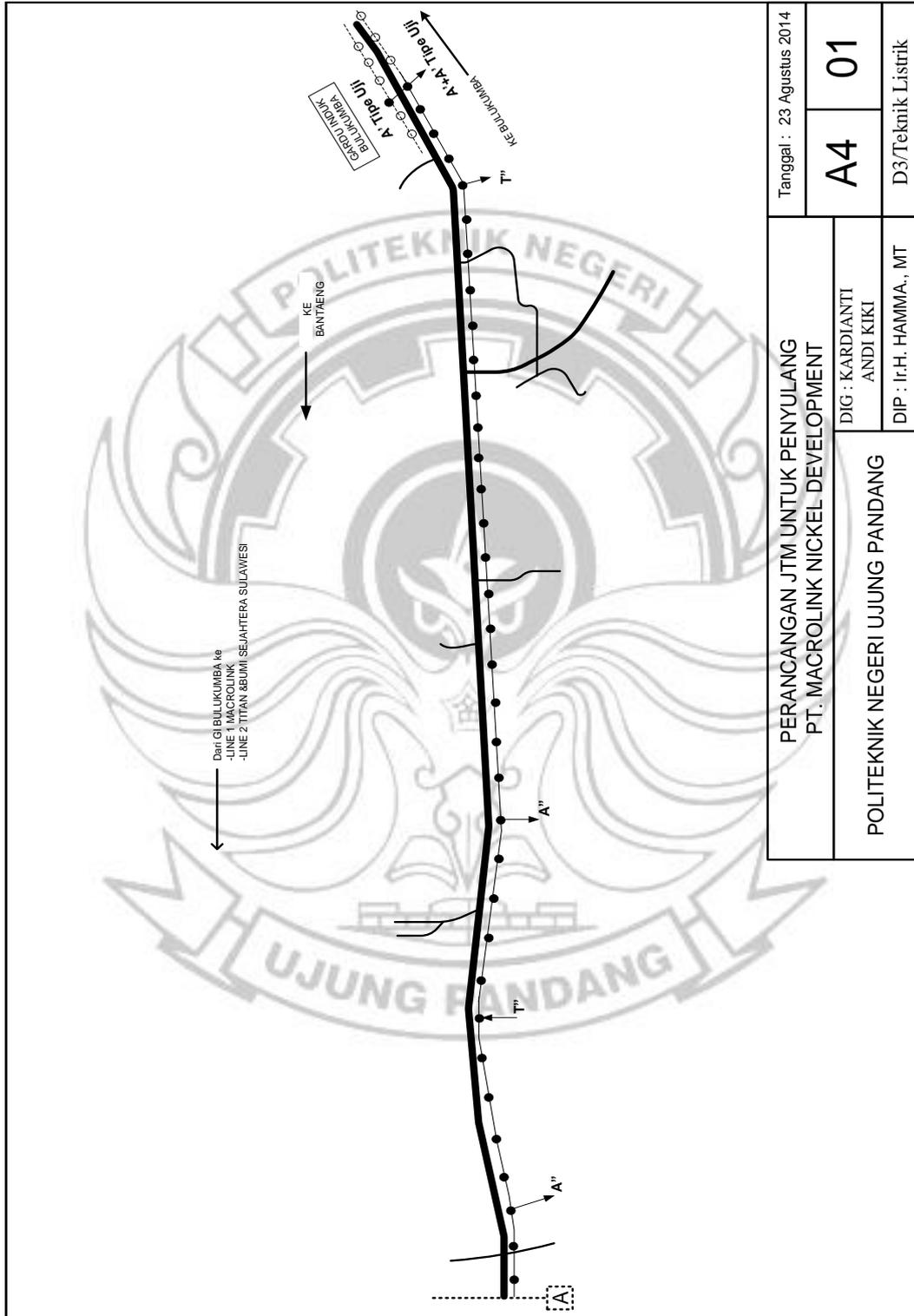
karena itu, diperlukan perancangan sistem distribusi tenaga listrik untuk memenuhi kebutuhan penyulang PT. Macrolink Nickel Development.

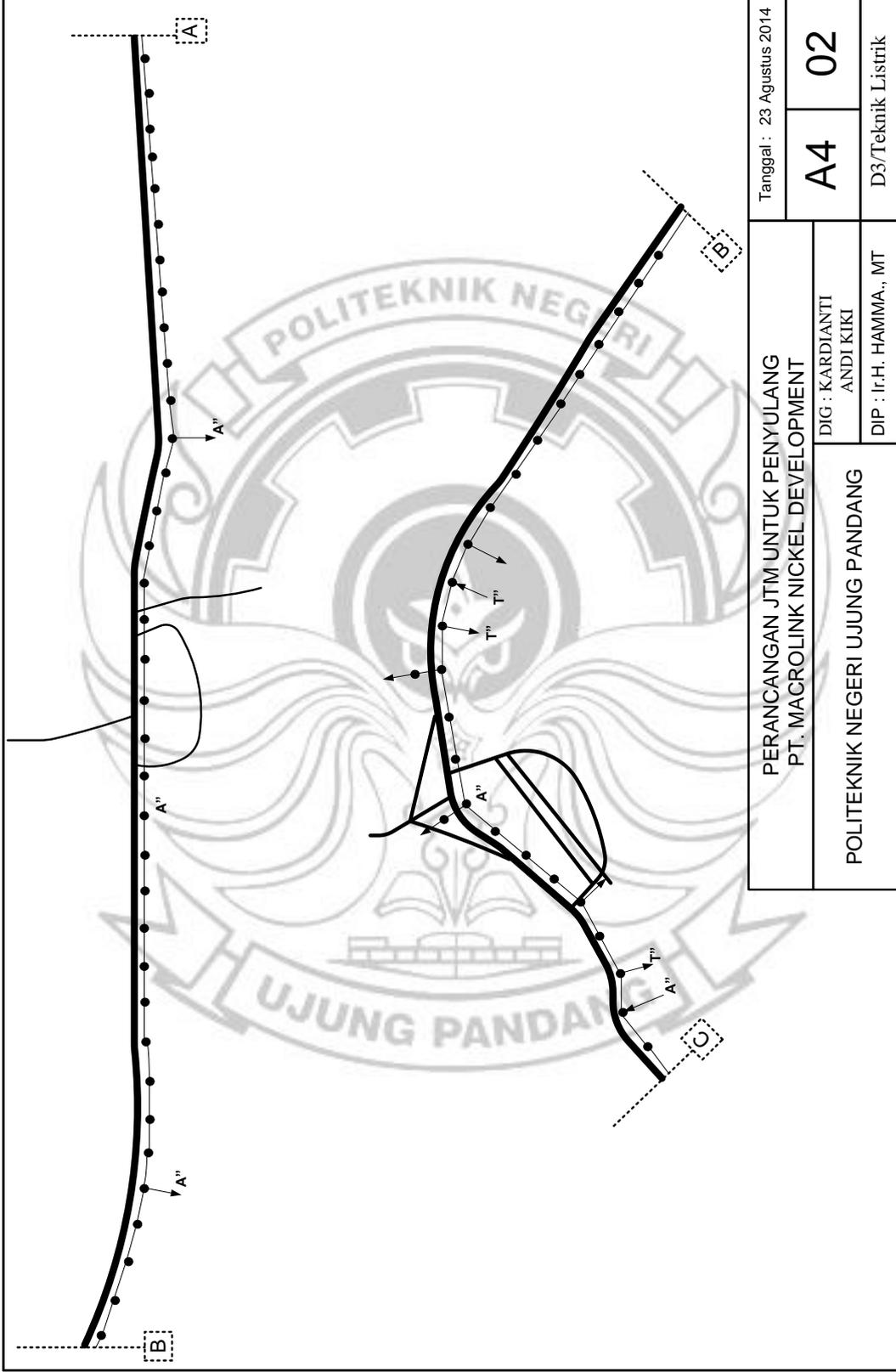


Gambar 4.1 Diagram Blok Distribusi Tenaga Listrik Untuk Penyulang PT. Macrolink Nickel Development

Berdasarkan diagram blok diatas, secara garis besar perancangan sistem distribusi tenaga listrik yang dibuat adalah perancangan jaringan udara tegangan menengah (JUTM) mulai dari gardu induk sampai gardu distribusi milik PLN dan gardu konsumen I untuk trafo dengan beban 1600kVA, kemudian sistem distribusi tenaga listrik dari gardu konsumen I ke gardu konsumen II untuk trafo dengan beban 800 kVA. Distribusi tenaga listrik untuk keluaran masing – masing trafo tidak termasuk dalam perancangan yang dibuat.

## 2. Perancangan Jaringan Udara Tegangan Menengah ( JUTM )





Tanggal : 23 Agustus 2014

PERANCANGAN JTM UNTUK PENYULANG  
PT. MACROLINK NICKEL DEVELOPMENT

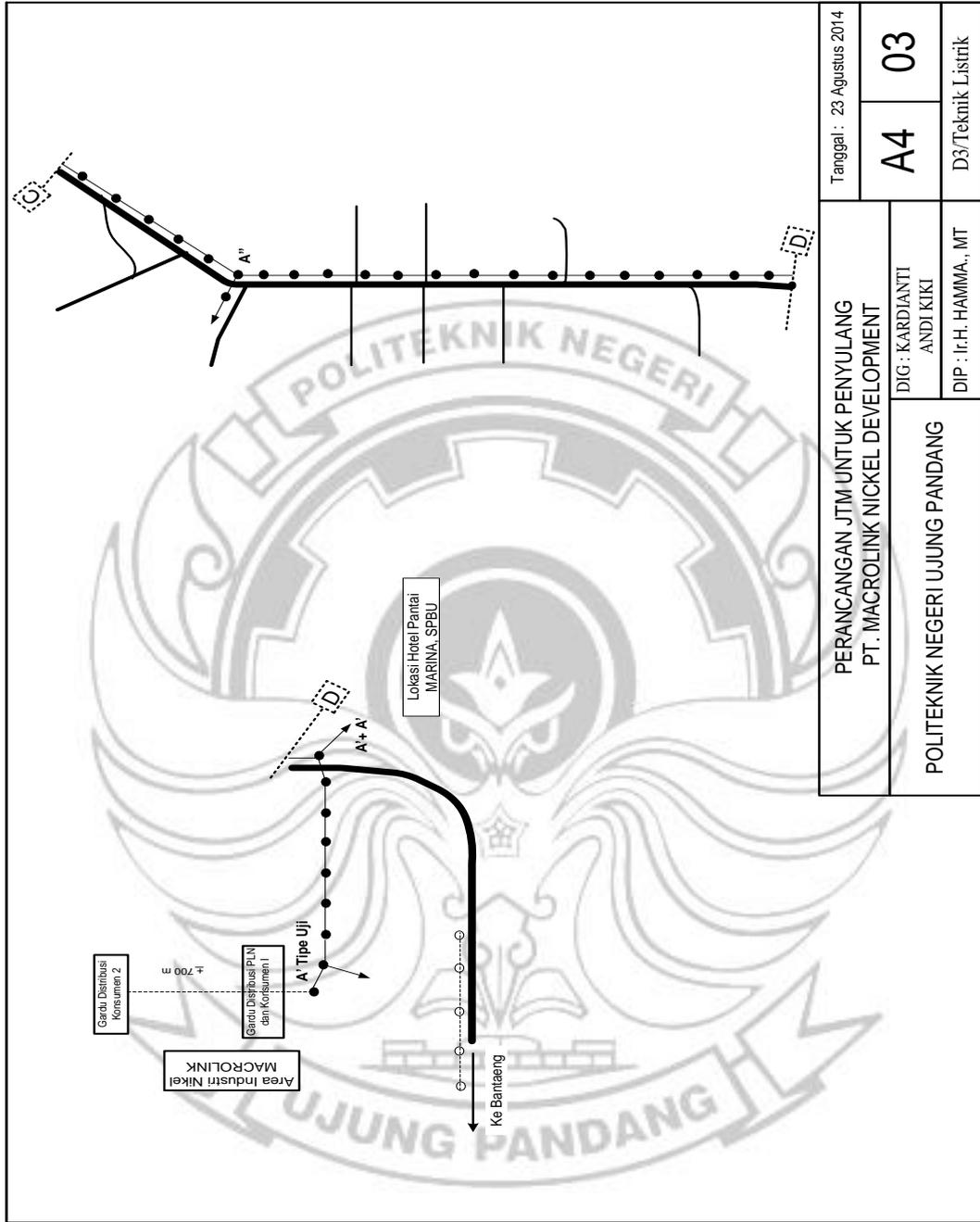
DIG : KARDIANTI  
ANDI KIKI

POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG

A4 02

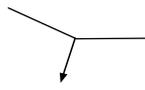
D3/Teknik Listrik

DIP : Ir.H. HAMMA., MT

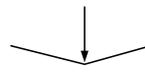


Tanggal : 23 Agustus 2014	
A4	03
PERANCANGAN JTM UNTUK PENYULANG PT. MACROLINK NICKEL DEVELOPMENT	
DIP : Ir.H. HAMMA., MT	
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG	
DIG : KARDJANTI ANDI KIKI	
D3/Teknik Listrik	

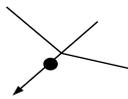
Keterangan :



: Tupang Tarik



: Tupang Tekan



: Tupang Tarik Tiang Bantu



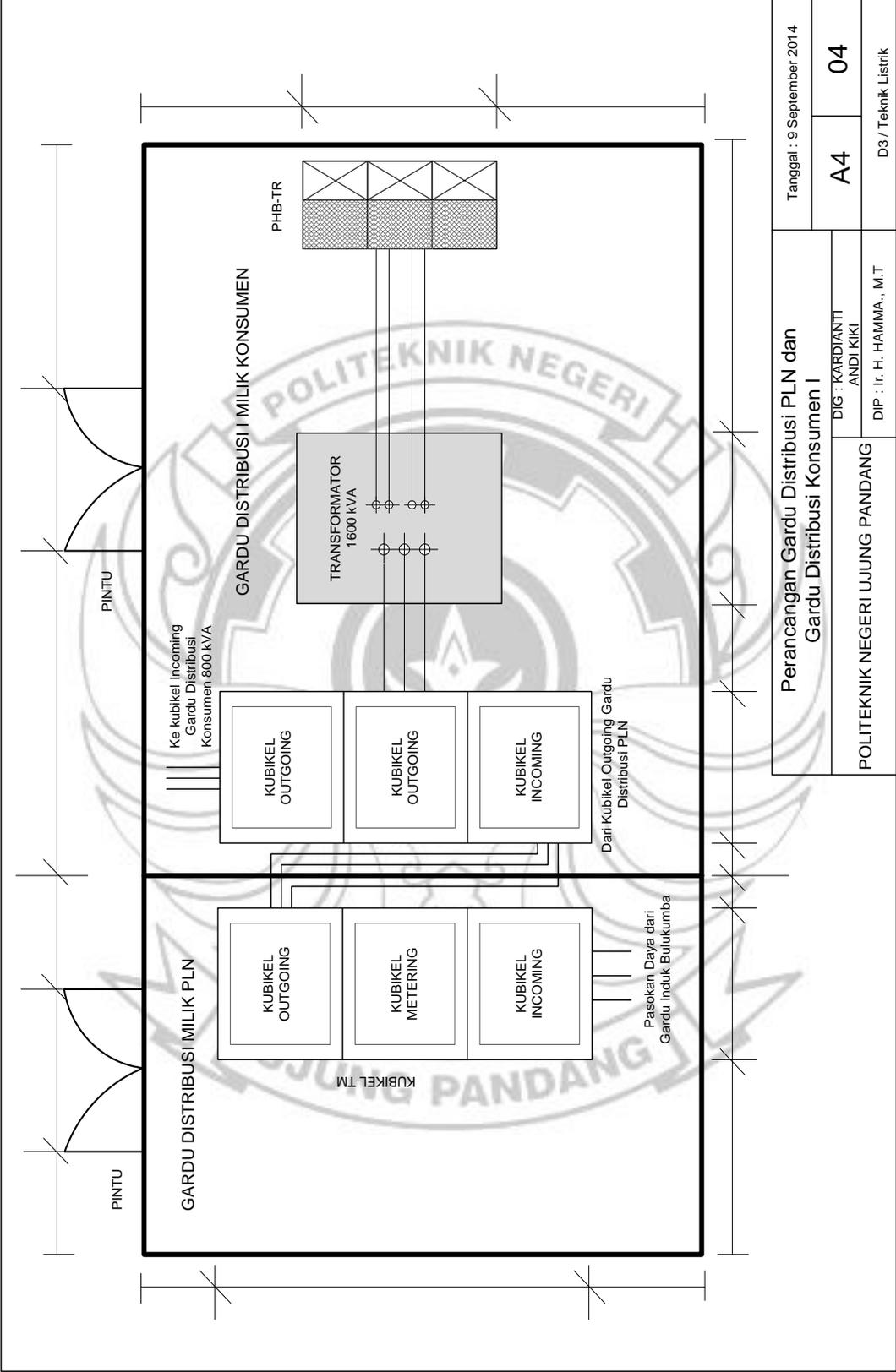
: Tiang

— : Jalan

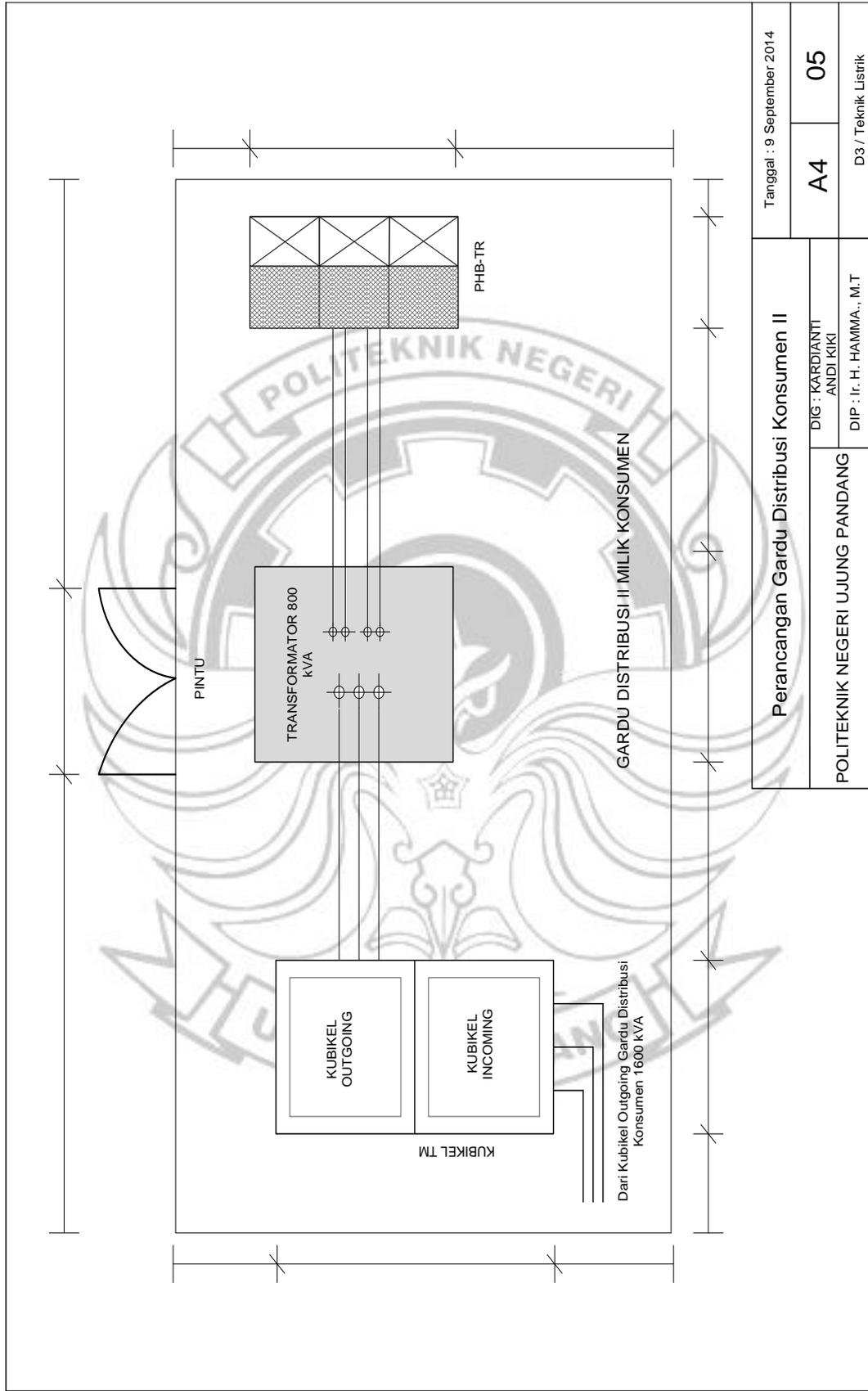
— : Jalur Penarikan penghantar

### 3. Perancangan Gardu Distribusi





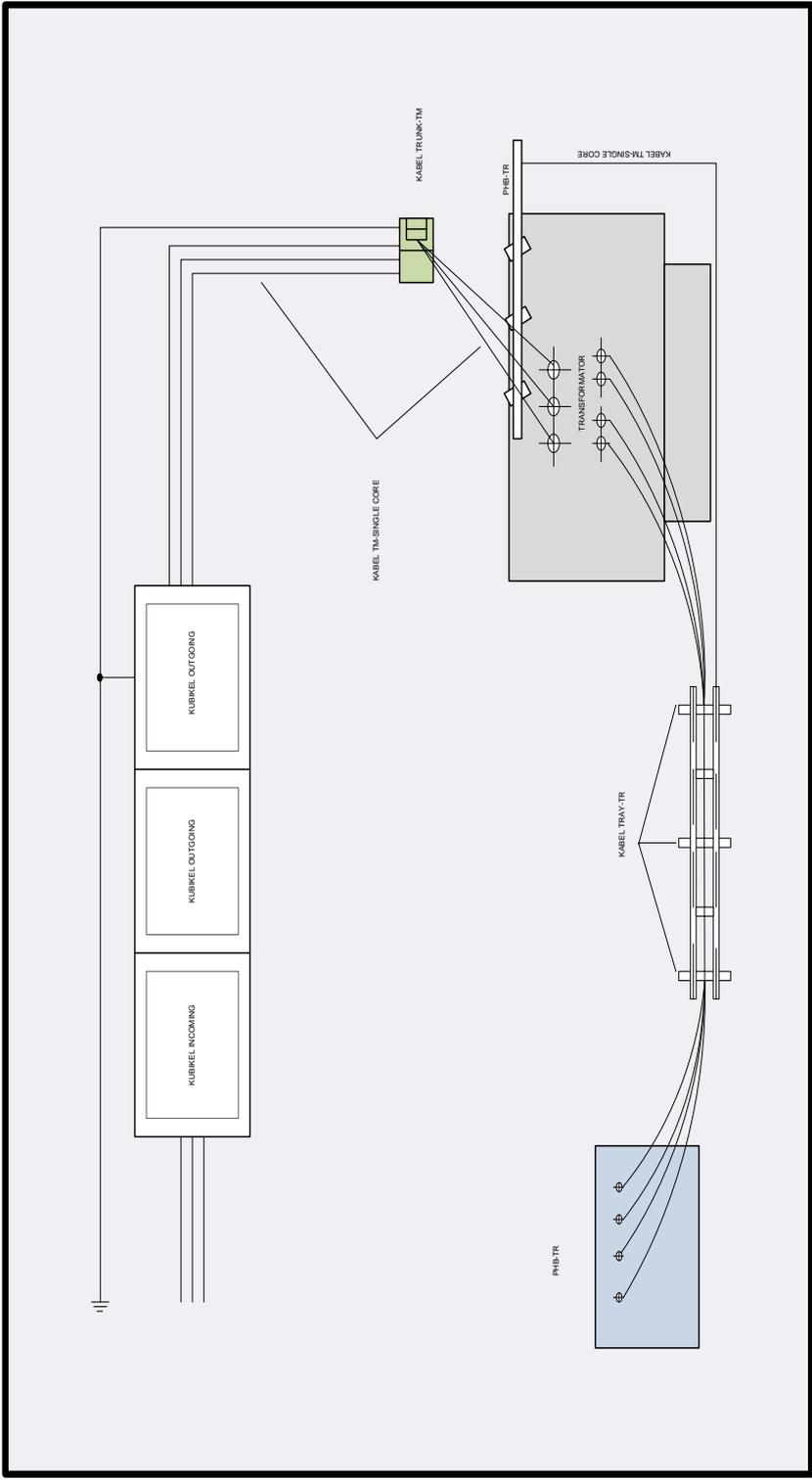
Perancangan Gardu Distribusi PLN dan Gardu Distribusi Konsumen I		Tanggal : 9 September 2014	
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG		A4	04
DIG : KARDIANITI ANDI KIKI		D3 / Teknik Listrik	
DIP : Ir. H. HAMMA, M.T			



Perancangan Gardu Distribusi Konsumen II		Tanggal : 9 September 2014	
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG		A4	05
DIP : Ir. H. HAMMA., M.T		D3 / Teknik Listrik	

DIG : KARDIANTT  
ANDI KIKI





**Denah Instalasi Kabel TR-TM dan Pembumian  
Gardu Beton**

Tanggal : 9 September 2014

**A4**      **06**

DIG : KARDIANTI  
ANDI KIKI

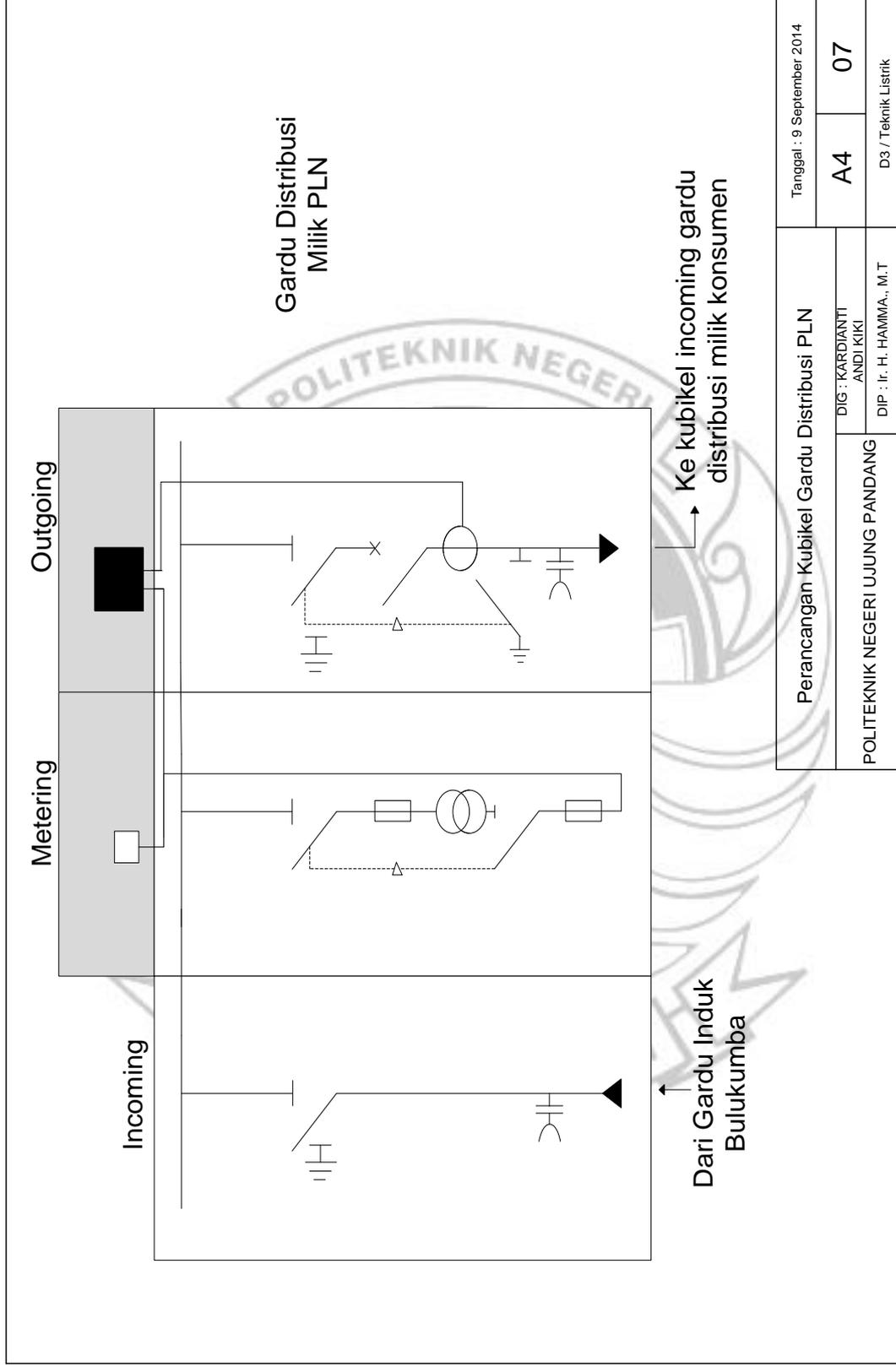
DIP : Ir. H. HAMMA., M.T

**POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG**

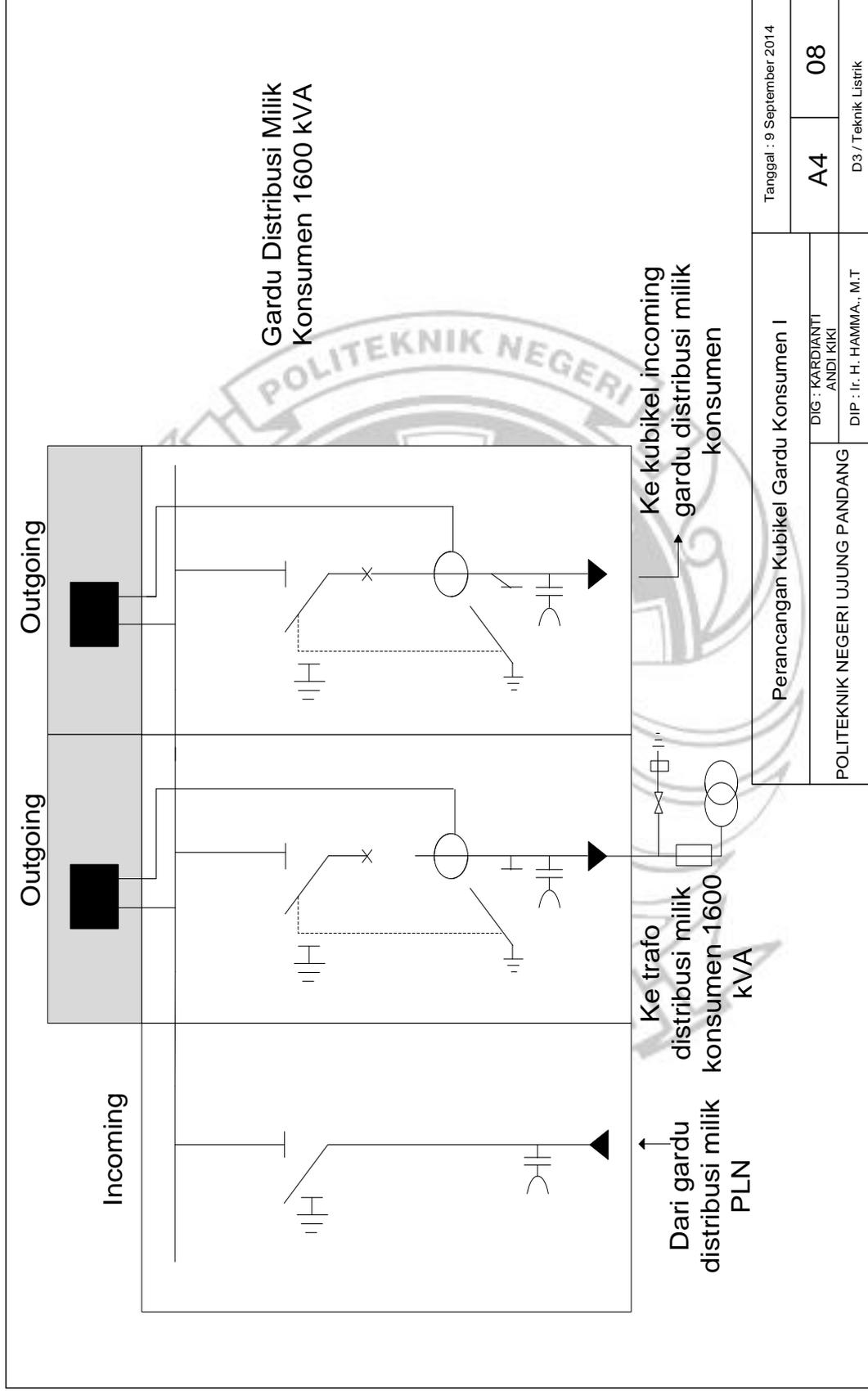
D3 / Teknik Listrik

#### 4. Perancangan Panel Tegangan Menengah ( Kubikel )



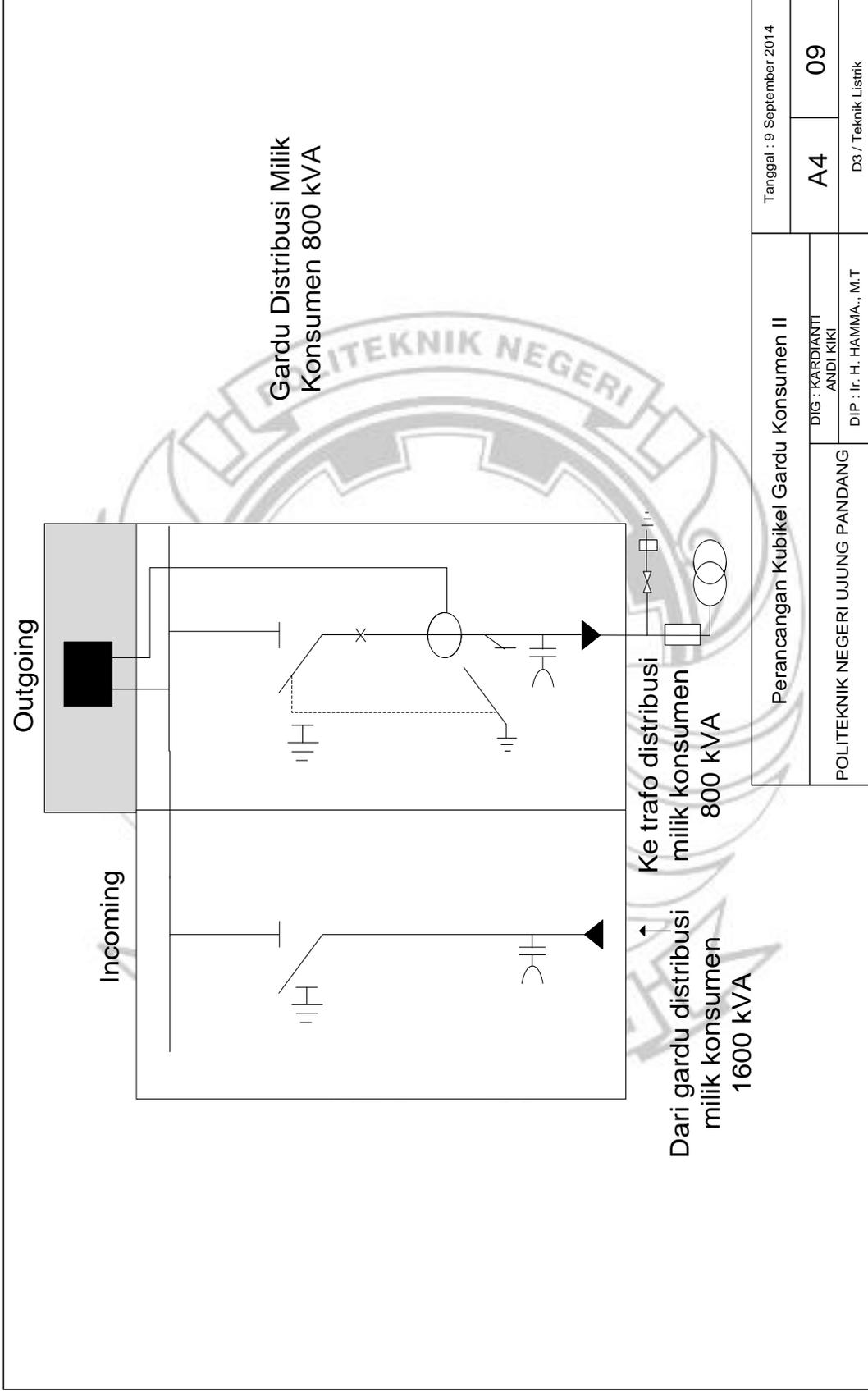


Perancangan Kubikel Gardu Distribusi PLN		Tanggal : 9 September 2014	
DIG : KARDIANTI ANDI KIKI		A4	07
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG		D3 / Teknik Listrik	
DIP : Ir. H. HAMMA., M.T			



Perancangan Kubikel Gardu Konsumen I		Tanggal : 9 September 2014	
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG		A4	08
DIG : KARDIANTI ANDI KIKI		D3 / Teknik Listrik	
DIP : Ir. H. HAMMA., M.T			





Perancangan Kubikel Gardu Konsumen II		Tanggal : 9 September 2014	
DIG : KARDIANTI ANDI KIKI		A4	09
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG		D3 / Teknik Listrik	
DIP : Ir. H. HAMMA., M.T			

## **B. Pembahasan**

### **1. Gardu Distribusi PLN dan Konsumen**

Gambar 04 diatas merupakan rancangan instalasi untuk Gardu Distribusi PLN dan Gardu Distribusi Konsumen untuk beban 1600 kVA. Gardu distribusi PLN akan menerima pasokan daya listrik tegangan menengah 20 kV dari Gardu Induk Bulukumba melalui kubikel incoming dan adapun output dari kubikel outgoing akan masuk ke kubikel incoming pada gardu distribusi milik konsumen. Pada gardu konsumen I ini akan memiliki dua kubikel outgoing, dimana output kubikel outgoing I akan masuk ke transformator untuk beban 1600 kVA, sedangkan output kubikel outgoing II akan masuk ke kubikel incoming pada gardu distribusi milik konsumen II (800 kVA). Gardu distribusi PLN dan gardu distribusi konsumen I akan berada pada satu bangunan dan hanya dipisahkan oleh dinding beton. Adapun penghantar yang digunakan pada instalasi gardu distribusi ini adalah kabel tanah berinti aluminium dengan isolasi XLPE (*Cross Linked Poly Ehtylene*) dengan luas penampang 35 mm<sup>2</sup>.

Gambar 05 merupakan rancangan instalasi untuk Gardu Distribusi Konsumen untuk beban 800 kVA. Gardu distribusi ini akan menerima pasokan daya listrik dari output kubikel outgoing II gardu distribusi konsumen 1600 kVA. Adapun output dari kubikel outgoing gardu ini akan masuk ke transformator untuk beban 800 kVA. Jarak antara gardu distribusi PLN dan gardu distribusi I dengan gardu distribusi II adalah 700 meter. Jenis

penghantar yang digunakan dalam instalasi gardu ini yaitu kabel tanah berinti aluminium berisolasi XLPE (*Cros Linked Poly Ethylene*) dengan luas penampang 35 mm<sup>2</sup>.

Gambar 06 merupakan denah instalasi kabel TM-TR dan pembumian gardu beton. Gambar ini menjelaskan tentang jalur kabel mulai dari kubikel, trafo, PHB-TR, hingga pembumian.

Gambar 07, 08, dan 09 merupakan gambar perancangan kubikel tegangan menengah dari masing-masing gardu distribusi yaitu gardu distribusi PLN, gardu distribusi konsumen I dan gardu distribusi konsumen II.

## 2. Perhitungan Teknis

Perhitungan teknis dalam perancangan sistem distribusi tenaga listrik untuk Penyulang PT. Macrolink Nickel Development, terbagi menjadi :

### a) Pada Jaringan Udara Tegangan Menengah (JUTM) dari Gardu Induk ke Ggardu PLN dan Gardu Konsumen I.

#### Menghitung Arus (I) :

Daya (P) yang dibutuhkan untuk penyulang PT. Macrolink Nickel Development adalah 2,4 MW atau sama dengan 2.400.000 Watt.

Diketahui : P = 2.400.000 Watt

$$\text{Cos } \varphi = 0,8$$

$$V = 20 \text{ kV} = 20.000 \text{ V}$$

$$I = \frac{P}{(\sqrt{3} \times V \times \text{cos} \varphi)}$$

$$I = \frac{2.400.000}{(1,73 \times 20.000 \times 0,8)} = 86,7 \text{ A}$$

Berdasarkan Tabel 2.5 untuk arus 86,7 A dapat digunakan penghantar AAAC dengan luas penampang (A) 16 mm<sup>2</sup>. Luas penampang 16 mm<sup>2</sup> digunakan berdasarkan daya 2,4 MW yang khusus untuk kebutuhan *smelter* PT. Macrolink Nickel Development. Pada area industri tersebut tidak hanya PT. Macrolink Nickel Development yang akan dibangun tetapi diperkirakan masih ada beberapa *smelter* lain, sehingga daya yang dibutuhkan dari gardu induk akan lebih besar nantinya.

Perancangan JUTM dari gardu induk menuju area industri diharapkan dapat digunakan selama beberapa tahun kedepan untuk pembangunan *smelter* lainnya. Daya yang dibutuhkan diperkirakan dapat mencapai 14 MW, sehingga arus yang diperoleh menjadi :

$$I = \frac{P}{(\sqrt{3} \times V \times \cos\phi)}$$

$$I = \frac{14.000.000}{(1,73 \times 20.000 \times 0,8)} = 505,8 \text{ A}$$

Berdasarkan Tabel 2.5 untuk arus 505,8 A dapat digunakan penghantar AAAC dengan luas penampang (A) 3 x 240 mm<sup>2</sup>, penampang AAAC 240 mm<sup>2</sup> akan dapat menghantarkan daya sampai 14 MW.

### **Menghitung Panjang Penghantar (L) :**

Menghitung besar andongan

$$\text{Diketahui : } W_c = 670 \text{ kg/km} \times 0,05 \text{ km} = 33,5 \text{ kg}$$

$$L = 50 \text{ m} = 0,05 \text{ km}$$

$$T_o = 67750 \text{ N} = 6913,3 \text{ kg}$$

$$S = \frac{W_c L^2}{8.T_o} = \frac{33,5 \times 50^2}{8 \times 6913,3}$$

$$= 1,5 \text{ m}$$

$$L = a + \frac{8s^2}{3a} = 50 + \frac{8(1,5)^2}{3 \times 50}$$

$$= 0,45 \text{ m}$$

Jadi panjang penghantar untuk tiap gawang adalah  $50 \text{ m} + 0,45 \text{ m} = 50,45 \text{ m}$ , sehingga panjang total penghantar (L) adalah :

$$L = \text{Jumlah gawang} \times \text{panjang penghantar gawang}$$

$$= 124 \times 50,45$$

$$= 6255,8 \text{ m} = 6,3 \text{ km}$$

#### **Menghitung Jatuh Tegangan ( $\Delta v$ ) :**

Diketahui : Resistansi jenis aluminium ( $\rho$ ) =  $28,25 \Omega \text{mm}^2/\text{km}$

$$A = 240 \text{ mm}^2$$

$$\text{Reaktansi jenis aluminium} = 0,1 \Omega/\text{km}$$

$$\text{Sin } \varphi = 0,6$$

$$\Delta v = (R \cdot I \cdot \cos \varphi) + (X \cdot I \cdot \sin \varphi)$$

$$R = \rho \frac{L}{A} = \frac{28,25 \times 6,3}{240} = 0,74 \Omega$$

$$X = \text{Reaktansi jenis} \times \text{Panjang penghantar}$$

$$0,1 \times 6,3 = 0,63 \Omega$$

$$\Delta v = (0,74 \cdot 86,7 \cdot 0,8) + (0,63 \cdot 86,7 \cdot 0,6)$$

$$= 51,33 + 32,77$$

$$= 84,1 \text{ Volt}$$

$$\text{Jatuh tegangan (\%)} = \frac{\Delta v}{V} \times 100\% = \frac{84,1}{20.000} \times 100\% = 0,42 \%$$

Jadi, untuk penghantar AAAC dengan luas penampang  $240 \text{ mm}^2$  diperoleh jatuh tegangan  $0,42\%$ .

**b) Pada Saluran Kabel Tegangan Menengah (SKTM) dari Gardu Konsumen I ke Gardu Konsumen II.**

**Menghitung arus (I) :**

Gardu distribusi konsumen terdiri dari gardu konsumen I untuk daya (P) 1600 kVA dan gardu konsumen II dengan daya (P) 800 kVA.

Diketahui : P = 1600 kVA = 1.600.000 VA

800 kVA = 800.000 VA

Cos  $\varphi$  = 0,8

V = 20 kV = 20.000 V

$$I = \frac{P}{(\sqrt{3} \times V \times \cos \varphi)}$$

$$I = \frac{1.600.000}{(1,73 \times 20.000 \times 0,8)} = 57,8 \text{ A}$$

$$I = \frac{800.000}{(1,73 \times 20.000 \times 0,8)} = 28,9 \text{ A}$$

Berdasarkan Tabel 2.9 luas penampang (A) penghantar SKTM berinti aluminium berisolasi XLPE yang dapat digunakan untuk arus (I) 57,8 A dan 28,9 A adalah 3 x 35 mm<sup>2</sup>.

**Menghitung Jatuh Tegangan ( $\Delta v$ ) :**

Diketahui : Resistansi jenis aluminium ( $\rho$ ) = 28,25  $\Omega$ mm<sup>2</sup>/km

A = 35 mm<sup>2</sup>

L = 700 m = 0,7 km

Reaktansi jenis aluminium = 0,1  $\Omega$ /km

Sin  $\varphi$  = 0,6

$$\Delta v = (R \cdot I \cdot \cos \varphi) + (X \cdot I \cdot \sin \varphi) ;$$

$$R = \rho \frac{L}{A} = \frac{28,25 \times 0,7}{35} = 0,5 \Omega$$

X = Reaktansi jenis  $\times$  Panjang penghantar

$$0,1 \times 0,7 = 0,07 \Omega$$

$$\Delta v = (0,5.28,9.0,8) + (0,5.28,9.0,6) = 11,6 + 8,7 \\ = 20,3 \text{ Volt}$$

$$\text{Jatuh tegangan (\%)} = \frac{\Delta v}{V} \times 100\% = \frac{20,3}{20.000} \times 100\% = 0,1 \%$$

Jadi, untuk penghantar SKTM berinti aluminium berisolasi XLPE dengan luas penampang  $35 \text{ mm}^2$  diperoleh jatuh tegangan 0,1 %.

### c) Kabel NYY Untuk PHB-TR

#### Menghitung arus (I) :

Dalam menentukan luas penampang untuk kabel NYY untuk PHB-TR pada gardu konsumen I dan II dilakukan berdasarkan besarnya arus keluaran dari masing - masing trafo.

$$\text{Diketahui : } P = 1600 \text{ kVA} = 1.600.000 \text{ VA}$$

$$800 \text{ kVA} = 800.000 \text{ VA}$$

$$\text{Cos } \varphi = 0,8$$

$$V = 380 \text{ V}$$

Untuk trafo 1600 kVA :

$$I = \frac{P}{(\sqrt{3} \times V \times \cos \varphi)}$$

$$I = \frac{1.600.000}{(1,73 \times 380 \times 0,8)} = 3042,3 \text{ A}$$

Arus keluaran trafo 3042,2 A dibagi lima untuk memperoleh arus yang lebih kecil menjadi 604,86 A sehingga lebih mudah dalam menentukan

luas penampangnya, berdasarkan tabel 2.4 digunakan kabel NYY dengan luas penampang 240 mm<sup>2</sup>.

Jadi, untuk PHB-TR dari trafo 1600 kVA dapat digunakan kabel NYY dengan luas penampang 240 mm<sup>2</sup>, sehingga total kabel NYY yang digunakan adalah 5 x 240 mm<sup>2</sup>.

Untuk trafo 800 kVA :

$$I = \frac{P}{(\sqrt{3} \times V \times \cos\phi)}$$
$$I = \frac{800.000}{(1,73 \times 380 \times 0,8)} = 1521,1 \text{ A}$$

Arus keluaran trafo 1521,1 A dibagi tiga untuk memperoleh arus yang lebih kecil menjadi 507,03 A sehingga lebih mudah dalam menentukan luas penampangnya, berdasarkan tabel 2.4 digunakan kabel NYY dengan luas penampang 150 mm<sup>2</sup>.

Jadi, untuk PHB-TR dari trafo 800 kVA dapat digunakan kabel NYY dengan luas penampang 150 mm<sup>2</sup>, sehingga total kabel NYY yang digunakan adalah 3 x 150 mm<sup>2</sup>.

## BAB V

### PENUTUP

#### A. Kesimpulan

Adapun kesimpulan yang dapat diambil penulis, yaitu :

1. Dalam perancangan sistem distribusi tenaga listrik untuk penyulang PT. Macrolink Nickel Development dibangun Jaringan Udara Tegangan Menengah (JUTM) dari Gardu Induk (GI) sampai gardu konsumen I menggunakan penghantar AAAC 3 x 240 mm<sup>2</sup>.
2. Pada gardu konsumen I terdapat kubikel yang memiliki 2 outgoing yaitu ke trafo 1600 kVA dan gardu konsumen II untuk trafo 800 kVA yang menggunakan Saluran Kabel Tegangan Menengah (SKTM) dengan penghantar berinti aluminium berisolasi XLPE 3 x 35 mm<sup>2</sup>. Penghantar untuk PHB-TR pada gardu konsumen I menggunakan kabel NYY 5 x 240 mm<sup>2</sup> dan gardu konsumen II kabel NYY 3 x 150 mm<sup>2</sup>.

#### B. Saran

Adapun saran yang dapat diberikan oleh penulis, yaitu :

1. Pada gardu induk yang melayani penyulang PT. Macrolink Nickel Development sebaiknya dilakukan penambahan daya sehingga dapat memenuhi kebutuhan untuk pembangunan *smelter* lain kedepannya.

2. Luas penampang yang digunakan untuk penghantar JUTM dari gardu induk ke lokasi pembangunan *smelter* dapat lebih besar lagi untuk mengantisipasi bertambahnya daya yang dibutuhkan.



## DAFTAR PUSTAKA

- Josia, prana tragian. 2013. *Dunia Teknik Elektro. Gardu Induk*, (online), (<http://anak-elektro-ustj.blogspot.com/2013/03/sistem-proteksi-tenaga-listrik.html>), (diakses 17 Januari 2014).
- Liputan6.com. *PLN pasok 156 MW ke pabrik nikel di Bantaeng*, (online), (<http://www.liputan6.com/tag/pabrik-nikel/?channel=bisnis>), diakses (tanggal 17 januari 2014).
- Maisa, Ferdi. 2012. *Makalah Nikel*, (online), ([http://ferdymf.blogspot.com/2012/11/makalah-nikel\\_21.html](http://ferdymf.blogspot.com/2012/11/makalah-nikel_21.html) ), (diakses tanggal 17 januari 2014).
- Pabla, AS. 1994. *Sistem Distribusi Daya Listrik*. Dialihbahasakan oleh Ir. Abdul Hadi. Jakarta : Erlangga
- PT. PLN (Persero). 2010. *Buku 4 Standar Konstruksi Gardu Distribusi dan Gardu Hubung Tenaga Listrik*.
- PT. PLN (Persero). 2010. *Buku 5 Standar Konstruksi Jaringan Tegangan Menengah Tenaga Listrik*.
- PT. PLN (Persero). *Konstruksi Jaringan Distribusi Tegangan Menengah*.
- PT. PLN (Persero). *Pusat Pendidikan dan Pelatihan*.
- Standar Nasional Indonesia. PUIL 2000*.
- Suswanto, Daman. 2009. *Sistem Distribusi Tenaga Listrik*.



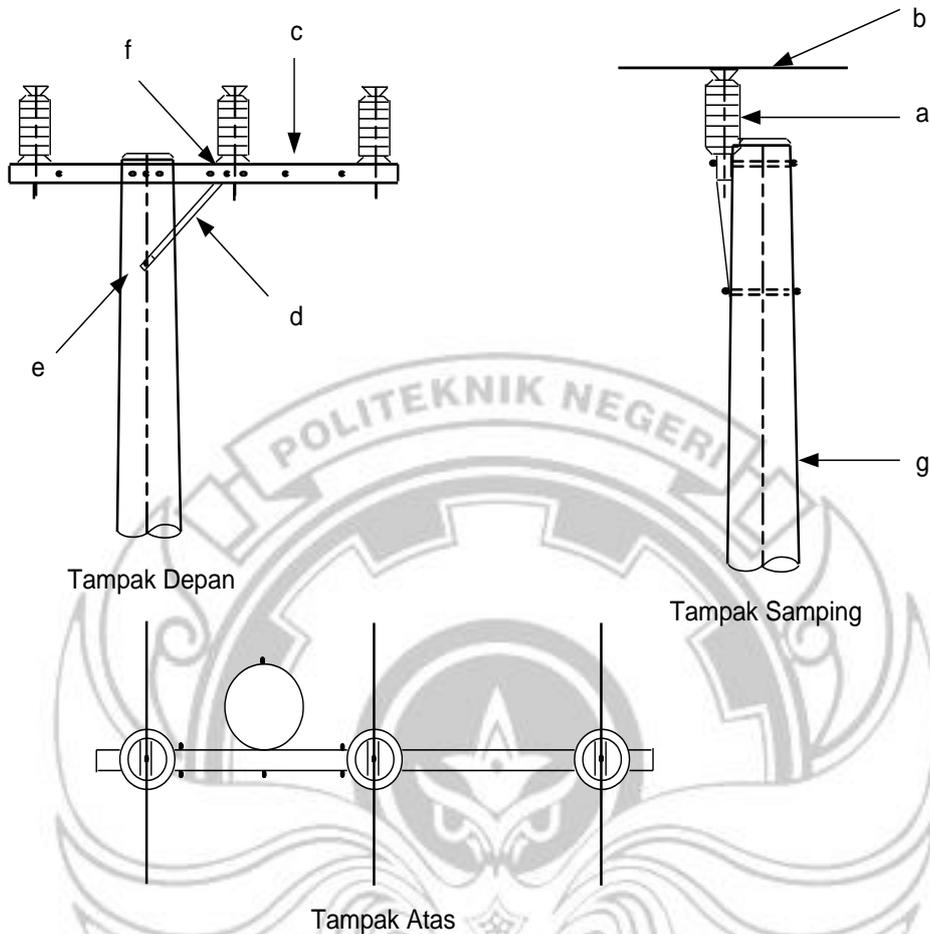
LAMPIRAN

## DAFTAR MATERIAL

No.	Material	Satuan	Jumlah	Total
<b>I.</b>	<b>Jaringan Tegangan Menengah</b>			
	Penghantar AAAC 3 x 240 mm <sup>2</sup>	Meter	18767,4	18767,4
<b>1.</b>	<b>Tumpu Tunggal</b>	Set	108	108
	a. Line post insulator 20 kV	Buah	3	324
	b. Distribution tie for AAAC	Meter	3	324
	c. Travers tumpu TM 3 pole UNP	Batang	1	108
	d. Tupang travers 36 x 6 650 mm	Batang	2	216
	e. Moer bolt M16 x 250 mm	Buah	1	108
	f. Moer bolt M16 x 300 mm	Buah	1	108
	g. Moer bolt M12 x 45 mm	Buah	2	216
	h. Tiang beton	Batang	1	108
<b>2.</b>	<b>Tumpu Ganda</b>	Set	5	5
	a. Line post insulator 20 kV	Buah	6	30
	b. Bare binding wire	Meter	6	30
	c. Travers tumpu TM 3 pole UNP	Batang	2	10
	d. Double arming bolt M16 x 300 mm	Batang	4	20
	e. Tupang travers	Buah	4	20
	f. Moer bolt M16 x 250 mm	Buah	1	5
	g. Moer bolt M16 x 300 mm	Buah	1	5
	h. Moer bolt M12 x 45 mm	Buah	4	20
	i. Tiang beton	Batang	1	5
<b>3.</b>	<b>Aspan Tunggal</b>	Set	2	2
	a. Isolator tank 20 Kv	Set	3	6
	b. Strain clamp	Buah	3	6
	c. Travers afspan TM 3 pole UNP	Buah	2	4
	d. Double arming bolt M16 x 300 mm	Buah	4	8
	e. Moer bolt M16 x 250 mm	Buah	1	2
	f. Moer bolt M16 x 300 mm	Buah	1	2
	g. Tupang travers 36 x 650 mm	Buah	4	8
	h. Moer bolt M12 x 45 mm	Buah	4	8
	i. Eye bolt M16	Buah	3	6
	j. Tiang beton	Batang	1	2
<b>4.</b>	<b>Aspan Ganda</b>	Set	8	8
	a. Isolator tank 20 Kv	Set	6	48
	b. Strain clamp	Buah	6	48
	c. Travers opspan TM 3 pole UNP	Buah	2	16

	d. Double arming bolt M16 x 300 mm	Buah	4	32
	e. Moer bolt M16 x 250 mm	Buah	1	8
	f. Moer bolt M16 x 300 mm	Buah	1	8
	g. Tupang travers 36 x 650 mm	Buah	4	32
	h. Moer bolt M12 x 45 mm	Buah	4	32
	i. Eye bolt M16	Buah	6	48
	j. Tiang beton	batang	1	8
	k. Line post insulator 20 kV	Buah	1	8
5.	<b>Aspan Tunggal + Aspan Tunggal</b>	Set	2	2
	a. Isolator tank 20 kV	Set	6	12
	b. Strain clamp	Buah	6	12
	c. Travers afspan TM 3 pole UNP	Buah	4	8
	d. Double arming bolt M16 x 300 mm	Buah	8	16
	e. Moer bolt M16 x 250 mm	Buah	2	4
	f. Moer bolt M16 x 300 mm	Buah	2	4
	g. Tupang travers 36 x 650 mm	Buah	8	16
	h. Moer bolt M12 x 45 mm	Buah	8	16
	i. Eye bolt M16	Buah	6	12
	j. Line post insulator 20 kV	Buah	2	4
	k. Tiang beton	Batang	1	2
6.	<b>Tupang Tarik</b>	Set	13	13
	a. Plat Beton	Batang	1	13
	b. klem Penyambung	Pasang	1	13
	c. Oval Insulator	Buah	1	13
	d. Span Scrup	Pasang	1	13
	e. Double Beugel	Pasang	1	13
	f. Kaus Baja	Buah	2	26
	g. Stay Rod	Buah	1	13
	h. Mor Baut 12x40 mm	Pasang	5	65
	i. Kawat Baja 50 mm <sup>2</sup>	Meter	15	195
	j. U-Klem	Buah	8	104
7.	<b>Tupang Tekan</b>	Set	2	2
	a. Tiang Besi	Batang	1	2
	b. Plat Beton Bertulang	Buah	1	2
	c. Sanggah Tupang Tekan	Buah	1	2
	d. Beugel	Buah	1	2
	e. Double Beugel	Pasang	2	4
	f. Penghalang Panjang	Pasang	1	2
	g. Mor Baut 12x40 mm	Pasang	7	14

8.	<b>Tupang Tarik Tiang Bantu</b>	Set	3	3
	a. Tiang Beton	Batang	1	3
	b. Clamp Penyambung	Pasang	1	3
	c. Oval Insulator	Buah	2	6
	d. Stay Rod	Buah	1	3
	e. Double Beugel	Buah	3	9
	f. Kaus Baja	Buah	4	12
	g. Mor Baut 12x40 mm	Pasang	11	33
	h. U-Klem	Buah	16	48
	i. Span Scrup	Buah	2	6
	j. Plat Beton	Buah	1	3
II.	<b>Gardu Distribusi PLN</b>	Set	1	
	a. Konstruksi dudukan trafo	Set	1	1
	b. Arrester	Buah	3	3
	c. Fuse Cut Out	Buah	3	3
	d. Trafo Distribusi	Set	1	1
	e. Pipa galvanis (pelindung naik turun kabel)	Set	3	3
	f. Konstruksi dudukan lemari	Set	1	1
	g. Sistem pembumian	Set	3	3
	h. Pipa galvanis (sistem pembumian)	Batang	3	3
	i. Double Beugel	Pasang	6	6
	j. Elektroda Pembumian	Buah	2	2
III.	<b>Gardu Distribusi Konsumen</b>	Set	2	2
	a. Dudukan Arrester	Set	1	2
	b. Dudukan Trafo	Set	1	2
	c. Pipa galvanis (pelindung naik turun kabel)	Batang	3	6
	d. Pipa galvanis mm (sistem pembumian)	Batang	2	4
	e. Sistem Pembumian	Set	2	4
	f. Fuse Cut Out	Set	3	6
	g. Arrester	Buah	3	6
	h. Trafo Distribusi	Buah	1	2



No.	Uraian materi	Kode	Jumlah	satuan
1	Line Post Insulator 20kV	a	3	bh
2	Distribution Tie For AAAC/A3C	b	3	mtr
3	Travers afspan TM 3 Pole UNP	c	1	btg
4	Tupang Travers 36 x 6 650mm	d	2	btg
5	Moer bolt M16 x 200mm	e	1	bh
6	Moer bolt M16 x 250mm	f	1	bh
7	Moer baut M12 x 45mm	g	2	bh
8	Tiang beton	h	1	btg

### KONSTRUKSI TUMPU TUNGGAL

Tanggal : 21 Agustus 2014

POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG

DIG : KARDIANTI  
ANDI KIKI

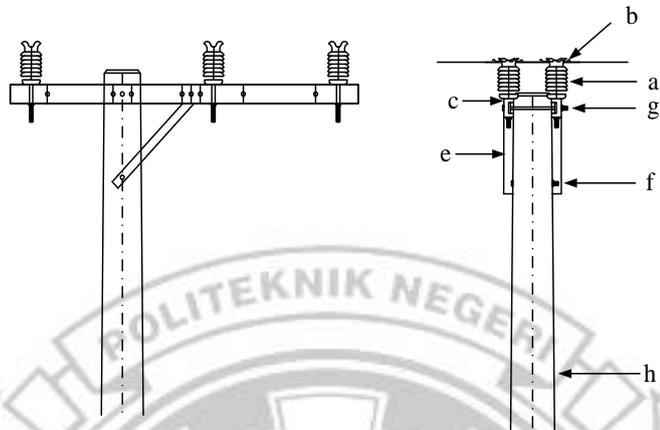
DIP : Ir.H.HAMMA,MT

A4

01

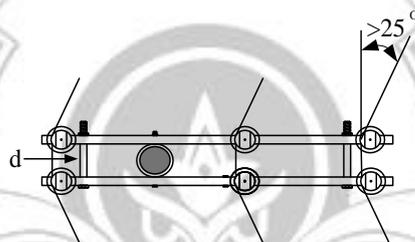
D3/Teknik Listrik





TAMPAK DEPAN

TAMPAK SAMPIING



TAMPAK ATAS

No	Uraian Material	Kode	Jumlah	Satuan
1	Isolator tumpu 20 kV	a	6	bh
2	Bare binding wire	b	9	nitr
3	Traves Tumpu TM 3 Pole UNP	c	2	btg
4	Double Arming Bolt M16 x 300 mm	d	3	btg
5	Tupang Traves	e	4	bh
6	Moer Bolt M16 x 250 mm	f	1	bh
7	Moer Bolt M12 x 45 mm	g	4	bh
8	Tiang Beton	h	1	btg

KONSTRUKSI TUMPU GANDA

Tanggal : 21 Agustus 2014

POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG

DIG : KARDIANTI  
ANDI KIKI

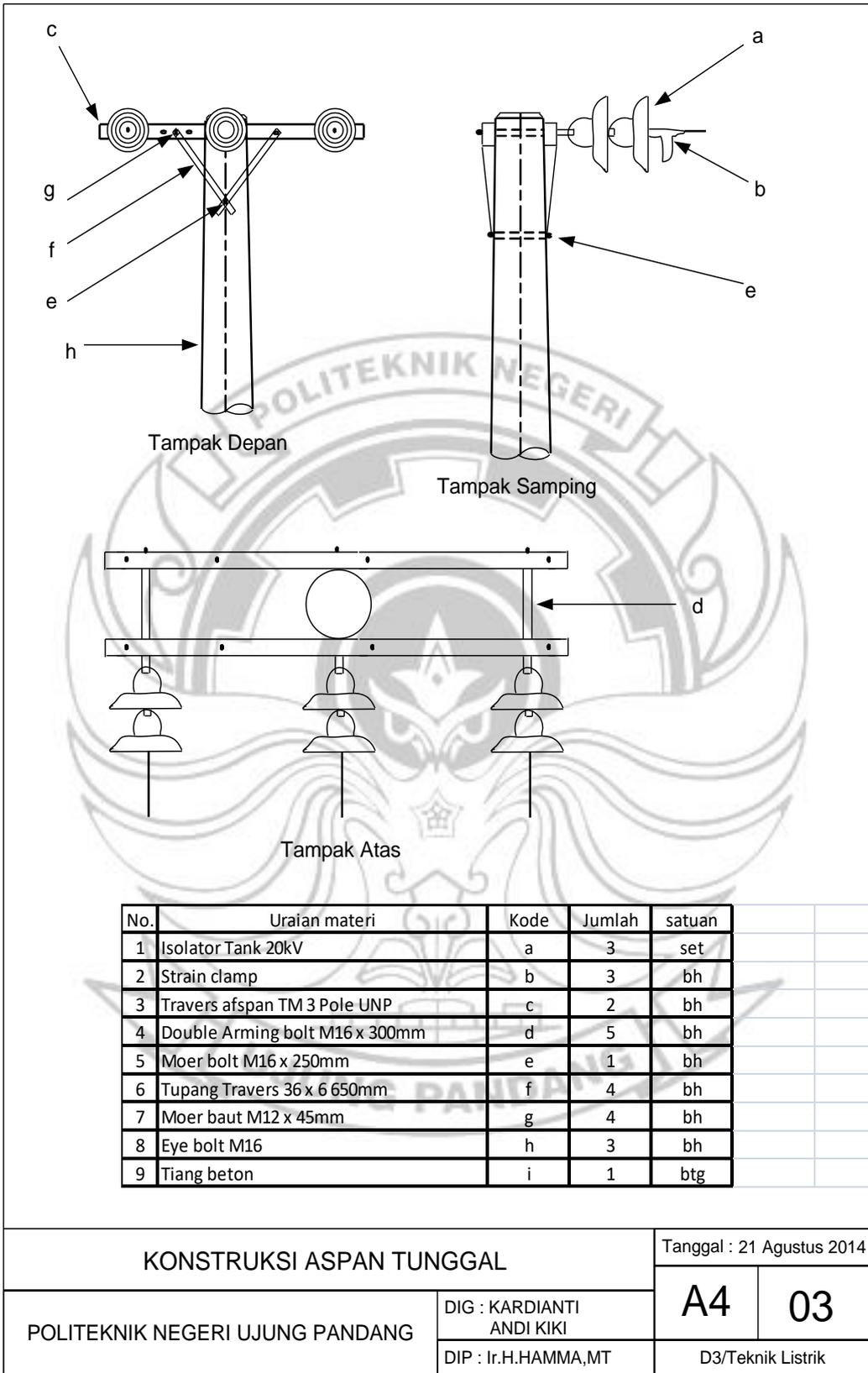
DIP : Ir.H. HAMMA., MT

A4

02

D3/Teknik Listrik





**KONSTRUKSI ASPAN TUNGGAL**

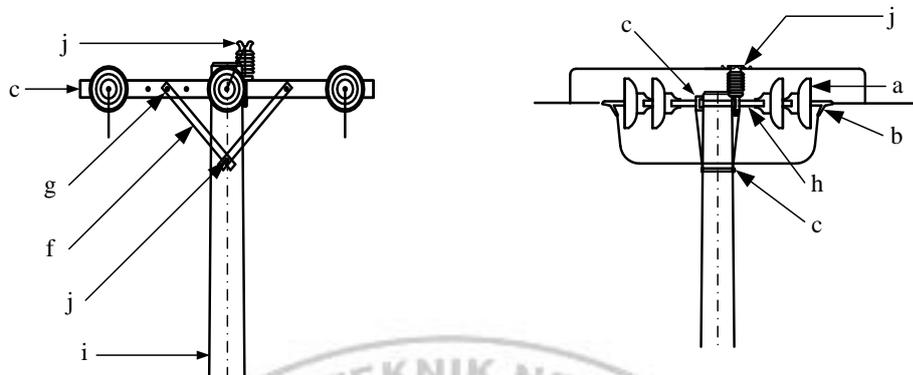
Tanggal : 21 Agustus 2014

POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG

DIG : KARDIANTI  
ANDI KIKI  
DIP : Ir.H.HAMMA,MT

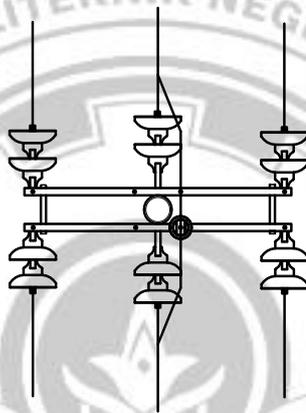
**A4 03**

D3/Teknik Listrik



TAMPAK DEPAN

TAMPAK SAMPIING



TAMPAK ATAS

No	Uraian Material	Kode	Jumlah	Satuan
1	Isolator Tank 20 kV	a	6	set
2	Strain Clamp	b	6	bh
3	Traves Opspan TM 3 Pole UNP	c	2	bh
4	Double Arming Bolt M16 x 300mm	d	5	bh
5	Moer Bolt M16 x 250mm	e	1	bh
6	Tupang Traves 36 x 6 650mm	f	4	bh
7	Moer Baut M12 x 45mm	g	4	bh
8	Eye Bolt M16	h	6	bh
9	Tiang Beton	i	1	btg
10	Line Post Insulator 20 kV	j	1	bh

KONSTRUKSI ASPAN GANDA

Tanggal : 21 Agustus 2014

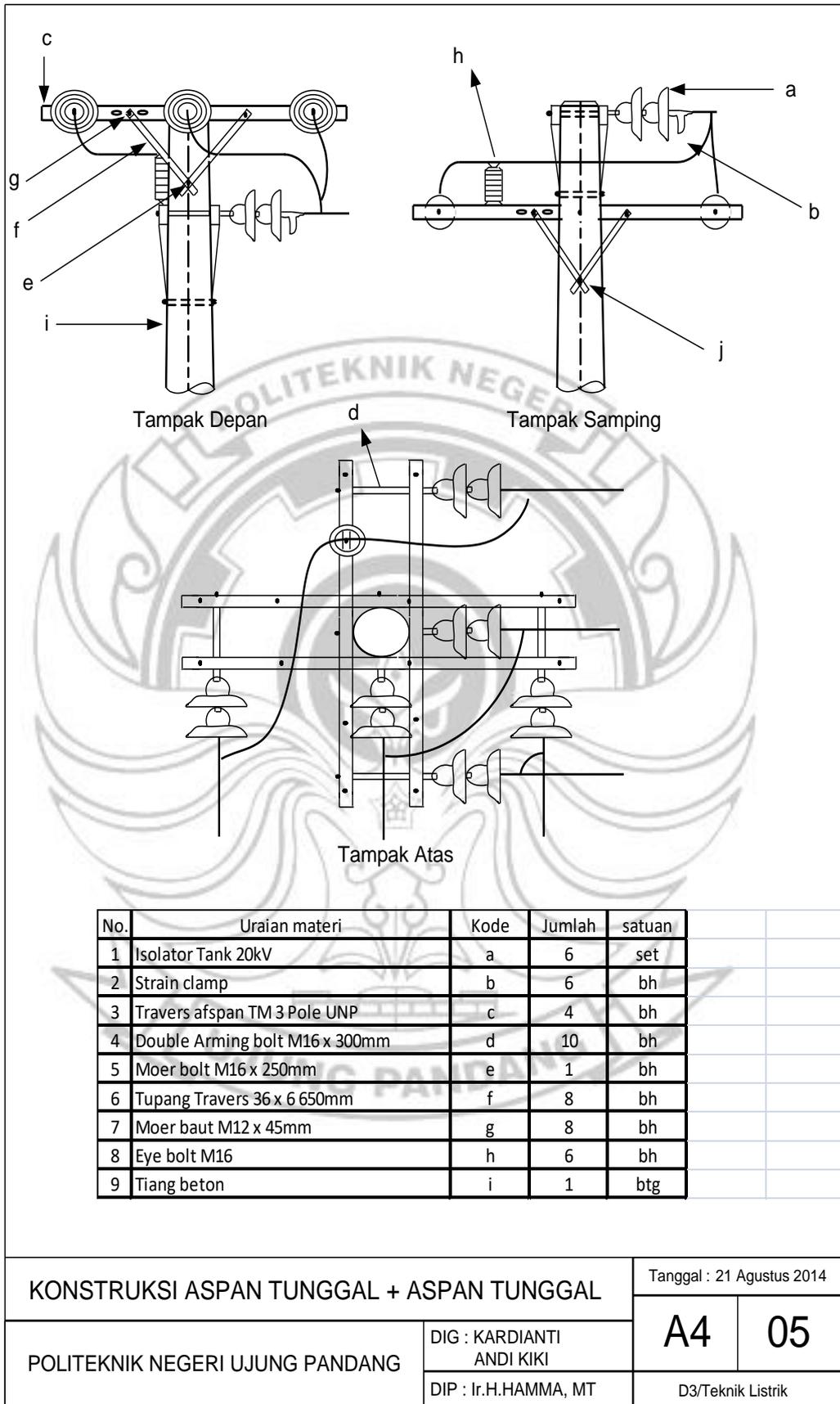
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG

DIG : KARDIANTI  
ANDI KIKI

A4 04

DIP : Ir.H. HAMMA., MT

D3/Teknik Listrik



No.	Uraian materi	Kode	Jumlah	satuan
1	Isolator Tank 20kV	a	6	set
2	Strain clamp	b	6	bh
3	Travers afspan TM 3 Pole UNP	c	4	bh
4	Double Arming bolt M16 x 300mm	d	10	bh
5	Moer bolt M16 x 250mm	e	1	bh
6	Tupang Travers 36 x 6 650mm	f	8	bh
7	Moer baut M12 x 45mm	g	8	bh
8	Eye bolt M16	h	6	bh
9	Tiang beton	i	1	btg

**KONSTRUKSI ASPAN TUNGGAL + ASPAN TUNGGAL**

Tanggal : 21 Agustus 2014

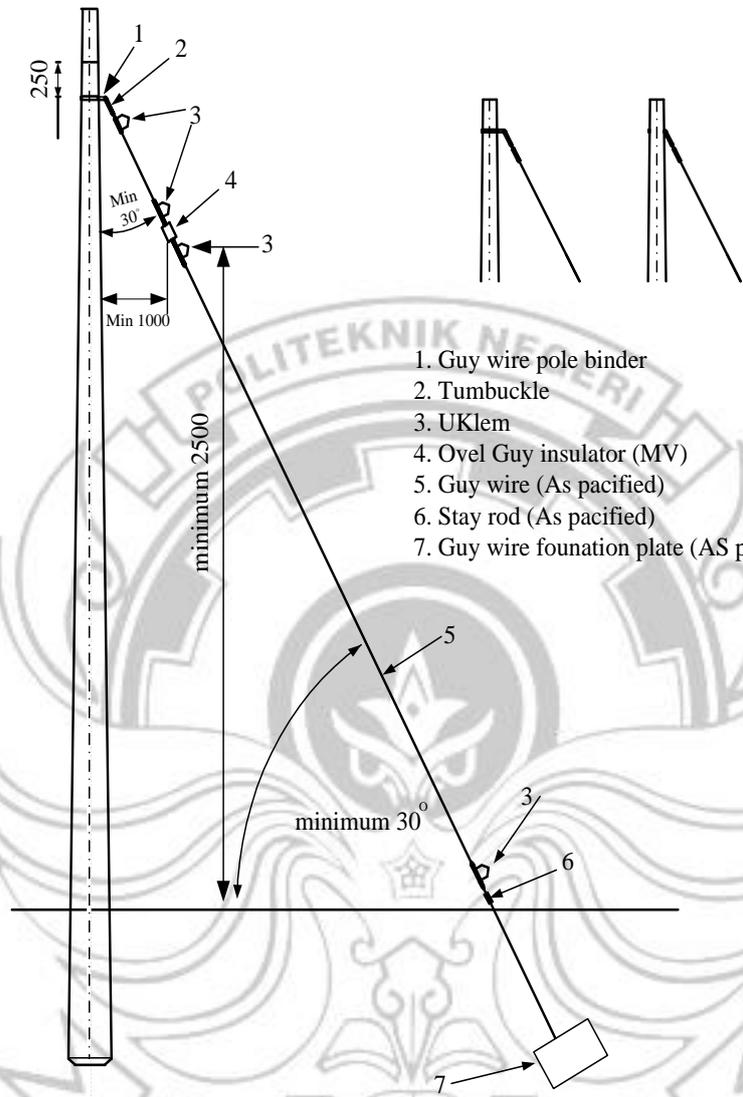
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG

DIG : KARDIANTI  
ANDI KIKI  
DIP : Ir.H.HAMMA, MT

**A4**

**05**

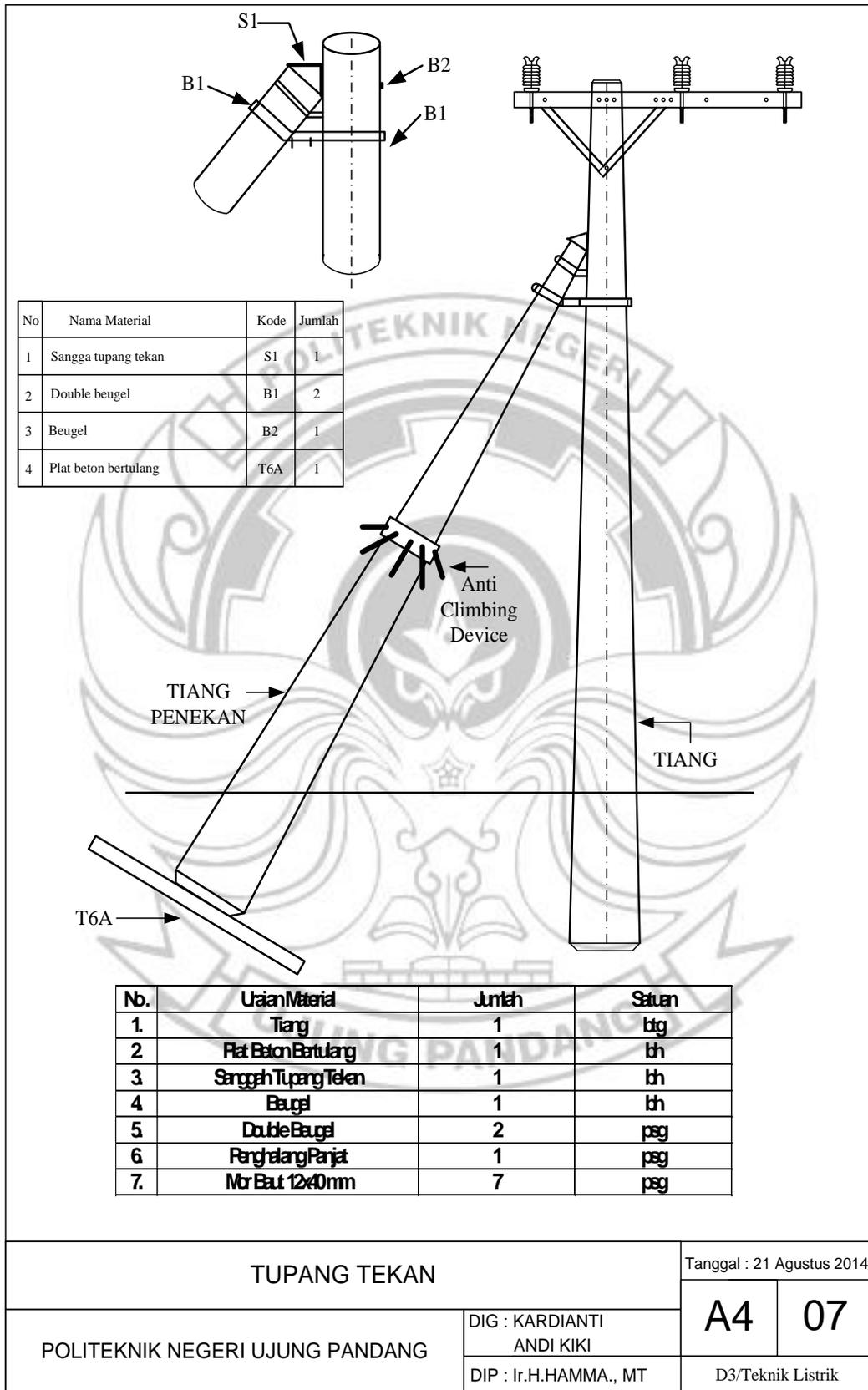
D3/Teknik Listrik



1. Guy wire pole binder
2. Tumbuckle
3. UKlem
4. Ovel Guy insulator (MV)
5. Guy wire (As pacified)
6. Stay rod (As pacified)
7. Guy wire founation plate (AS pacified)

No.	Uraian Material	Jumlah	Satuan
1.	Plat Beton	1	btg
2.	Klem Penyambung	1	psg
3.	Oval Insulator	1	bh
4.	Span Scrup	1	psg
5.	Double Beugel	1	psg
6.	Kaus Baja	2	bh
7.	Mor Baut 12x40 mm	5	psg
8.	U-klem	8	bh

<b>TUPANG TARIK</b>		Tanggal : 21 Agustus 2014	
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG	DIG : KARDIANTI ANDI KIKI	<b>A4</b>	<b>06</b>
	DIP : Ir.H. HAMMA., MT	D3/Teknik Listrik	



TUPANG TEKAN

Tanggal : 21 Agustus 2014

POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG

DIG : KARDIANTI  
ANDI KIKI  
DIP : Ir.H.HAMMA., MT

A4 07

D3/Teknik Listrik







