

**ANALISIS KETERSEDIAAN DAYA DAN KEANDALAN
SISTEM JARINGAN DISTRIBUSI DI FAKULTAS
TEKNIK UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG**

SKRIPSI

**Diajukan sebagai salah satu syarat guna menyelesaikan
pendidikan sarjana strata-1 (S1) pada Jurusan Teknik Elektro
Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang**



Oleh :

Suryawan Adi Wibowo

5350402034

Kepada

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

2007

SKRIPSI

**Analisis Ketersediaan Daya Dan Keandalan Sistem Jaringan Distribusi Di
Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang**

Dipersiapkan dan disusun oleh :

SURYAWAN ADI WIBOWO

5350402034

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji

Pada Tanggal : 12 Januari 2007

Susunan Dewan Penguji,

Pembimbing Utama

Anggota Dewan Penguji

Dr. Ir.Sasongko Pramono Hadi,DEA.
NIP. 130815059

Drs. Subiyanto,M.T
NIP. 130687603

Pembimbing Pendamping

Drs. Ngadirin, M.T.
NIP.130422773

Skripsi ini telah diterima sebagai salah satu persyaratan
Untuk memperoleh derajat pendidikan Sarjana Teknik
Tanggal :

Drs. Djoko Adi Widodo, M.T
NIP. 131570064

Pengelola Jurusan Teknik Elektro
Universitas Negeri Semarang

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk gelar kesarjanaan disuatu perguruan tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Semarang, 12 Januari 2007

Tanda tangan

Suryawan Adi Wibowo

INTISARI

Suryawan Adi Wibowo. 2006. Analisis Ketersediaan Daya Di Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang . Skripsi. Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang.

Sistem jaringan distribusi merupakan salah satu bagian sistem dari sistem penyaluran tenaga listrik, dalam sistem penyaluran ini harus diperhatikan mengenai penggunaan jenis penghantar, sistem penyalurannya, maupun proteksi atau pengamanan dari penyaluran. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui apakah luas penampang penghantar sudah sesuai dengan kapasitas beban yang ada, kualitas penyambungan, metode yang digunakan adalah metode deskriptif.

Satu transformator distribusi dengan kapasitas 100 KVA menyuplai 14 titik beban, luas penampang kawat penghantar jenis NFA2X-T 3 x 25 + 25 mm² dan 3 x 50 + 35 mm² sudah sesuai dengan standart yang ditentukan yaitu PUIL 2000, untuk pengaman transformator primer digunakan arrester dan *fuse cut out* sedang untuk transformator sekunder adalah MCB dengan kapasitas 125 A.

Kesimpulannya adalah bahwa sistem jaringan distribusi tegangan rendah di Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang ada beberapa penyimpangan dalam pembebanan yaitu tidak seimbang beban pada tiap gedung, kawat penghantar udara sudah memenuhi standar. Agar masa yang akan datang pihak universitas dapat memperhatikan dari karakteristik dan kapasitas transformator serta besarnya penampang penghantar yang digunakan, perlu diadakan penelitian untuk beban yang terpasang sehingga akan mudah di ketahui karakteristik dan kemampuan jaringan dalam melayani beban. Keandalan sistem jaringan distribusi di fakultas teknik Universitas Negeri Semarang terhitung sebesar 0,9524.

Kata kunci : Jaringan Distribusi, tegangan rendah, Fakultas Teknik UNNES

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

Tidak ada kesuksesan tanpa ada perjuangan, begitu panjang dan berat rintangan yang harus dihadapi. Pantang menyerah !

Persembahan :

*Untuk Ibu dan Bapak tercinta, Ratna dan Nungki
serta Seseorang yang Menyayangiku.*

KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Puji syukur penulispanjatkan kepada Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya, sehingga pelaksanaan dan penyusunan skripsi dapat terselesaikan. Sholawat dan salam semoga senantiasa tercurah atas Nabi Muhammad Rasulullah SAW dan para sahabatnya yang taat sampai akhir zaman. Skripsi dengan judul “**Analisis Ketersediaan Daya Dan Keandalan Sistem Jaringan Distribusi Di Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang**”. Ini diajukan untuk memenuhi syarat akhir untuk menyelesaikan pendidikan Program Strata 1 pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.

Rasa terima kasih yang tulus penulis ucapkan kepada semua pihak yang telah membantu selama penyusunan skripsi ini.

1. Bapak Drs. Djoko Adi Widodo, M.T, selaku ketua jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.
2. Bapak Dr. Ir. Sasongko Pramono Hadi, DEA, selaku dosen pembimbing utama jurusan Teknik Elektro Universitas Gajah Mada (UGM) yang memberi bimbingan dan pengarahan.
3. Bapak Drs. Ngadirin, M.T, selaku dosen pembimbing kedua jurusan Teknik Elektro Universitas Negeri Semarang (UNNES) yang memberi bimbingan dan pengarahan.
4. Bapak Drs. Subiyanto, selaku dosen penguji jurusan Teknik Elektro Universitas Negeri Semarang (UNNES) yang memberi pengarahan.

5. Ibu, Bapak dan Adik-adiku yang selalu memberikan do'a dan kasih sayang serta dukungan, baik material maupun spiritualnya.
6. Slamet, Feri, Saharul, Pudensia, Andri, Nitti, Bambang, Akur, Helena atas saran dan bantuan selama ini.
7. Wuri, Bimo, Azis, Reni, Uum, Bingar, Feri, Ageng, Hari, teman-teman Kos Genk Hijau, Anak-anak Mistis atas bantuan dan dukungan selama ini.
8. Teman-teman mahasiswa seperjuangan TE'02 Universitas Negeri Semarang tetap semangat....! I Love You All...!
9. Indra, Andrian, Anggi, Aan, Udin, Firman dan semua teman di Jogja yang telah memberikan tempat bernaung dan dukungan selama disana.
10. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang telah membantu hingga terselesainya skripsi ini.

Penyusun menyadari bahwa masih terdapat kekurangan dalam laporan skripsi ini. Untuk itu, kritik dan saran yang bersifat membangun sangat penyusun harapkan dari semua pihak. Semoga laporan ini bermanfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan dan ilmu kendali pada khususnya dan seluruh pihak yang berkepentingan.

Semarang, Januari 2007

Penyusun

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERYATAAN	iii
ABSTRAK	iv
MOTTO DAN PERSEMBAHAN	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
BAB I PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang	1
B. Permasalahan	2
C. Batasan Masalah	2
D. Penegasan Istilah	3
E. Tujuan Penelitian	4
F. Manfaat Penelitian	4
G. Sistematika Penulisan Laporan Skripsi	5
BAB II LANDASAN TEORI	
A. Sistem Jaringan Tenaga listrik	7
1. Jaringan Distribusi Tegangan Rendah Langsung	8
2. Jaringan Distribusi Tegangan Rendah Tak Langsung	9
B. Karakteristik Jaringan Distribusi	10
C. Peralatan Proteksi dan Pengaman	13
1. Proteksi Pada Sistem Jaringan	13
2. Gangguan Pada jaringan	15

3. Peralatan Pengaman Instalasi Listrik	16
4. Pentanahan Dan Hantaran Pentanahan	24
D. Keandalan Sistem Distribusi	26
1. Faktor-Faktor Keandalan	26
2. Parameter Keandalan dan Ketersediaan	28
3. Waktu Antara Keandalan	31
4. Keandalan Sistem Distribusi	31
5. Ketersediaan Daya	33
E. Kerangka Berfikir	35
BAB III METODE PENELITIAN	
A. Waktu dan Tempat Penelitian	38
B. Populasi dan Sampel	38
C. Metode Pengumpulan Data	39
D. Instrumen Penelitian	39
E. Metode Analisis Data	40
BAB IV PENYAJIAN DAN ANALISIS DATA	
A. Penyajian Data	41
B. Analisis data	49
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
A. Kesimpulan	58
B. Saran	59
DAFTAR PUSTAKA	61
LAMPIRAN-LAMPIRAN	62

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 .Jaringan Distribusi Tegangan Rendah Langsung	8
Gambar 2.2 .Jaringan Distribusi Tegangan Rendah Tak Langsung	9
Gambar 2.3 .Sakelar pemindah	17
Gambar 2.4 .Pemutus arus hubung singkat otomatis	17
Gambar 2.5 .Pemutus arus lebih otomatis	18
Gambar 2.6 .Pemutus tegangan	18
Gambar 2.7 .Sekring lebih	18
Gambar 2.8 .Pemutus beban lebih otomatis	19
Gambar 2.9 .Bentuk-bentuk Elektroda Pentanahan	25
Gambar 2.10 . Kurva Mortalitas, laju, Versus umur	29
Gambar 2.11 . Kurva keandalan versus umur	32
Gambar 2.12 . Hubungan antara keandalan dan ketidakandalan	35

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 . Pengaruh arus listrik pada tubuh manusia	17
Tabel 2.2 . Indeks proteksi terhadap benda luar	21
Tabel 2.3 . Tahanan jenis tanah	26

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. One Line Diagram	63
Lampiran 2. Sistem jaringan distribusi	64
Lampiran 3. Denah letak tiang jaringan distribusi	65
Lampiran 4. Denah letak jaringan distribusi	66
Lampiran 5. Denah penggunaan kawat penghantar jaringan distribusi	67
Lampiran 6. Gambar pembagian jaringan dan pembatas arus	68
Lampiran 7. Daftar konstruksi dan penggunaan kabel tanah berisolasi dan berselubung termoplastik.	69
Lampiran 8. Kabel udara.	70
Lampiran 9. KHA terus menerus untuk kabel tanah berinti tunggal, berpenghantar tembaga, berisolasi dan berselubung PVC, tegangan kerja maksimum 1,8 kV;serta untuk kabel tanah berinti dua, tiga dan empat berpenghantar tembaga, berisolasi dan berselubung PVC yang dipasang pada sistem a.b. fasa dengan tegangan pengenal 0,6/1 kV (1,2 kV), pada suhu keliling 30 °C.	71
Lampiran 10. KHA terus menerus untuk kabel pilin udara berpenghantar alumunium atau tembaga, berisolasi XLPE atau PVC dengan tegangan pengenal 0,6/1 kV (1,2 kV), untuk saluran tegangan rendah dan saluran pelayanan	72
Lampiran 11. KHA terus menerus untuk kabel instalasi berisolasi dan berselubung PVC dengan penghantar tembaga (NYM dan sebagainya) dan kabel fleksibel serta pengamannya, pada suhu keliling maksimum 30 °C dengan suhu penghantar maksimum 70 °C.	73
Lampiran 12. Luas Penampang nominal terkecil kabel dan penghantar udara	74
Lampiran 13. Spesifikasi tiang besi panjang 8 m	75
Lampiran 14. Spesifikasi tiang besi panjang 10 m	76
Lampiran 15. Spesifikasi tiang besi panjang 12 m	77
Lampiran 16. Spesifikasi tiang dari bahan beton	78

BAB I

PENDAHULUAN

A. LATAR BELAKANG

Sejalan dengan kemajuan teknologi, peralatan pada jaringan distribusi mengalami modernisasi dan otomatisasi. Hal ini dimaksudkan untuk meningkatkan keandalan dalam proses penyaluran tenaga listrik. Penyaluran tenaga listrik merupakan suatu hal yang penting, karena energi listrik yang dibangkitkan harus disalurkan melalui saluran transmisi. Saluran ini membawa tenaga listrik dari pusat tenaga listrik melalui saluran penghubung, gardu-gardu induk (*substations*), gardu distribusi dan gardu-gardu rele (*relay substations*) dari tegangan 150KV, 70KV , 20KV, sampai tegangan untuk konsumen, yaitu 380/220 Volt, kenaikan dan penurunan tegangan ini dilakukan dengan transformator.

Melihat potensi sistem jaringan distribusi tenaga listrik di Universitas Negeri Semarang khususnya di Fakultas Teknik, dan mengingat data-data yang akurat tentang daya sebenarnya yang terpasang belum diketahui, maka untuk mendapatkan data-data yang dapat dipertanggungjawabkan mengenai pemakaian beban perlu diadakan suatu penelitian.

Studi beban ialah penentuan atau perhitungan tegangan, arus, daya, dan faktor daya atau daya reaktif yang terdapat pada berbagai titik dalam suatu jaringan listrik pada keadaan pengoperasian normal, baik yang sedang

berjalan maupun yang diharapkan akan terjadi di masa yang akan datang. Studi beban sangat penting dalam perencanaan pengembangan suatu sistem untuk masa yang akan datang, karena pengoperasian yang baik tersebut banyak tergantung pada diketahuinya efek interkoneksi dengan sistem tenaga yang lain, beban yang baru, stasiun pembangkit baru, serta saluran jaringan baru, sebelum semuanya itu dipasang.

Sebagai solusi dari permasalahan tersebut, maka penulis akan mengadakan penelitian dengan judul "**Analisis Ketersediaan Daya dan Keandalan Sistem Jaringan Distribusi Di Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang**".

B. PERMASALAHAN

Dari latar belakang masalah yang telah diuraikan, maka dapat diidentifikasi permasalahannya sebagai berikut:

1. Bagaimanakah karakteristik beban yang terpasang?
2. Bagaimana keandalan dan ketersediaan daya di Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang?

C. BATASAN MASALAH

Dalam penelitian ini, permasalahan dibatasi pada sistem jaringan distribusi di Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang dengan masing-masing variabel, yaitu keandalan sistem distribusi dan ketersediaan daya pada jaringan, serta karakteristik beban yang terpasang.

D. PENEGASAN ISTILAH

Penegasan istilah berfungsi memberikan batasan akan ruang lingkup judul agar jelas dan mudah dipahami serta memberikan gambaran yang jelas dari masalah yang akan dikaji, maka di sini perlu penulis kemukakan arti judul skripsi tersebut.

Judul skripsi Analisis Ketersediaan Daya dan Keandalan Sistem Jaringan Distribusi Di Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang diartikan sebagai berikut: penjelajahan lapangan dengan tujuan memperoleh pengetahuan lebih banyak (tentang keadaan), terutama sumber-sumber alam yang terdapat ditempat itu. Yang dimaksud dengan Sistem Jaringan Distribusi disini adalah suatu sistem penyaluran dan pendistribusian tenaga listrik tegangan rendah ke beban atau pemakai. Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang ini, adalah lokasi penelitian yang meliputi empat Jurusan Teknik yaitu Teknik Mesin, Teknik Sipil, Teknik Elektro maupun Teknologi Jasa dan Produksi serta untuk gedung-gedung perkuliahan dan ruang-ruang kerja untuk Tata Usaha Fakultas.

Jadi maksud dari penelitian ini adalah studi penyelidikan terhadap sistem jaringan distribusi yang ada di lingkungan Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang terhadap pemakaian beban yang pada saat ini maupun untuk masa yang akan datang seiring dengan penambahan beban, gedung, maupun sarana-prasarana untuk kegiatan laboratorium dan pemakaian energi listrik dalam tiap harinya.

E. TUJUAN PENELITIAN

Adapun tujuan penelitian ini adalah untuk memberikan solusi dari permasalahan-permasalahan yang ada pada sistem jaringan distribusi tegangan rendah di Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang dan karakteristik beban yang terpasang.

F. MANFAAT PENELITIAN

Hasil penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat bagi:

1. Mahasiswa, khususnya mahasiswa Pendidikan Teknik Elektro, yaitu mengembangkan daya pikir serta kreativitas dalam menyikapi permasalahan proses penyaluran energi listrik di kampus Universitas Negeri Semarang pada umumnya dan Fakultas Teknik pada khususnya.
2. Bagi universitas untuk dapat memberikan solusi terhadap permasalahan yang ada dalam penyaluran dan pendistribusian energi listrik di Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang untuk dapat memperhatikan faktor penggunaan, pemeliharaan, penambahan beban maupun perbaikan-perbaikan demi keamanan pengguna gedung tersebut.
3. Bidang kelistrikan umumnya (PLN) maupun Biro Teknik Listrik sebagai pemasang jaringan untuk dapat meningkatkan mutu / kualitas kerjanya.

G. SISTEMATIKA PENULISAN LAPORAN SKRIPSI

Sistematika skripsi ini memberikan gambaran secara besar dalam penyusunan skripsi, adapun penyusunan skripsi ini terdiri dari tiga bagian, yaitu :

1. Bagian pendahuluan

Bagian pendahuluan skripsi ini berisi halaman judul, abstrak, halaman pengesahan, motto dan persembahan, kata pengantar, daftar isi, daftar lampiran, daftar tabel dan daftar gambar.

2. Bagian isi skripsi ini terdiri atas:

- a. Bab I Pendahuluan menjelaskan tentang latar belakang, identifikasi masalah, pembatasan masalah, penegasan istilah, tujuan penelitian, dan manfaat penelitian serta sistematika penulisan skripsi.
- b. Bab II landasan teori yang dianggap sebagai penunjang dalam penelitian memberikan penjelasan tentang sistem jaringan tenaga listrik, jaringan distribusi yang meliputi materi jaringan distribusi, peralatan proteksi dan pengaman, keandalan sistem jaringan distribusi dan kerangka berpikir.
- c. Bab III Metode penelitian menjelaskan tentang metode penelitian, teknik pengumpulan data, pelaksanaan penelitian.
- d. Bab IV menjelaskan tentang penyajian dan analisis data, yang terdiri atas penyajian data, yaitu deskripsi data dan analisis tentang penelitian.

- e. Bab V memberikan penjelasan tentang kesimpulan dan saran dari hasil penelitian.
3. Bagian akhir skripsi berisi tentang penjelasan daftar pustaka dan lampiran-lampiran yang berhubungan dengan hasil-hasil penelitian.

BAB II

LANDASAN TEORI

A. Sistem Jaringan Tenaga Listrik.

Tenaga listrik sangat berguna karena tenaga listrik dapat dengan mudah disalurkan dan juga mudah diatur. Tenaga listrik dibangkitkan di pusat-pusat listrik tenaga, seperti : Tenaga Air (PLTA), Tenaga Uap (PLTU), Tenaga Panas Bumi, Tenaga Gas (PLTG), Tenaga Diesel (PLTD), Tenaga Nuklir (PLTN) dan lain sebagainya.

Pusat-pusat tenaga tersebut pada umumnya berada sangat jauh sekali dan konsumen. Oleh karena itu dalam penyaluran tenaga listrik yang dibangkitkan diperlukan kawat-kawat atau saluran transmisi. Karena tegangan yang dibangkitkan oleh generator pada umumnya rendah, maka tegangan ini biasanya dinaikkan dengan pertolongan transformator daya ke tingkat yang lebih tinggi antara 30 KV - 500 KV (negara-negara maju sudah ada yang mencapai 1 MV).

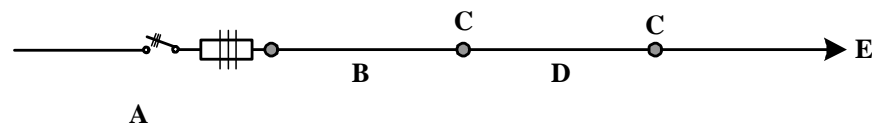
Tingkat tegangan yang lebih tinggi ini, selain untuk memperbesar daya hantar dari saluran yang berbanding lurus dengan kuadrat tegangan, juga untuk memperkecil rugi-rugi daya dan jatuh tegangan pada saluran.

Penurunan tegangan dari tingkat tegangan transmisi pertama-tama dilakukan pada gardu induk (GI), dimana tegangan diturunkan ke tegangan yang lebih rendah, misalnya dari 500 KV ke 150 KV, atau dari 150 KV ke 70 KV. Kemudian penurunan kedua dilakukan pada gardu induk distribusi dari 150 KV ke 20 KV atau dari 70 KV ke 20 KV.

Tegangan 20 KV ini disebut tegangan distribusi primer, sedang untuk tegangan rendah sebesar 110V/220V/380V. Jaringan listrik tegangan rendah menurut penaikan dan pengisian tegangan ada 2 buah macam, yaitu:

1. Jaringan Distribusi Tegangan Rendah Langsung.

Jaringan distribusi tegangan rendah langsung yaitu Jaringan distribusi tegangan rendah yang ditarik dan diisi tegangan langsung dan pembangkit tenaga listrik tanpa melalui transformator. Adapun cara pemasangan sistem Jaringan distribusi tegangan rendah langsung seperti terlihat pada gambar di bawah ini:



Gambar 2.1. Jaringan Distribusi Tegangan Rendah Langsung.

Keterangan:

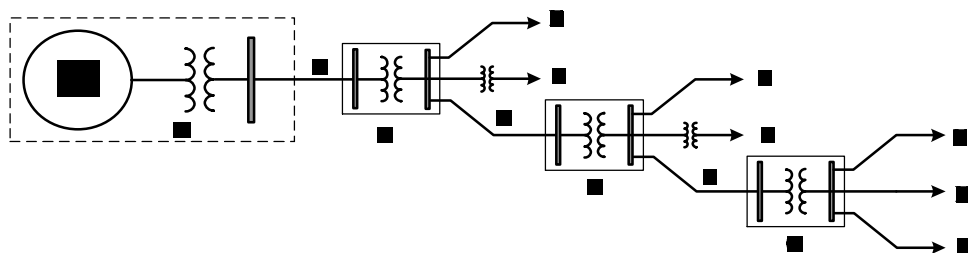
- A: Pemutus dan Pengaman Tegangan 220/380 V
- B: Kabel Tanah Tegangan Rendah.
- C: Tiang Jaringan
- D: Kawat Jaringan Konsuraen.
- E: Pemakai / Konsumen

Tegangan Jaringan tersebut biasanya hanya menghasilkan kapasitas kecil dan digunakan untuk keperluan lokal.

2. Jaringan Distribusi Tegangan Rendah Tak Langsung.

Jaringan distribusi tegangan rendah tak langsung adalah jaringan distribusi tegangan rendah yang ditarik dan diisi dengan tegangan setelah melalui suatu transformator penaik tegangan (*step up*).

Generator yang ada dipembangkit tenaga listrik biasanya menghasilkan tenaga listrik dengan tegangan antara 6 - 20 KV yang kemudian dengan transformator tegangan tersebut dinaikkan menjadi 150 - 500 KV. Saluran tegangan tinggi (STT) menyalurkan tenaga listrik menuju pusat penerima selanjutnya tegangan tersebut diturunkan kembali menjadi tegangan subtransmisi 70 KV pada gardu induk (GI) tenaga listrik yang diterima kemudian disalurkan menuju transformator distribusi (TD) dalam bentuk tegangan menengah 20 KV. Melalui transformator distribusi yang tersebar di berbagai pusat-pusat beban, tegangan primer ini kemudian diturunkan menjadi tegangan rendah 220/380 V yang akhirnya diterima pihak pemakai/konsumen. Bentuk secara diagram blok dapat diperjelas seperti gambar dibawah :



Gambar 2.2. Jaringan Distribusi Tegangan Rendah Tak Langsung.

Keterangan :

A. Pembangkit Tenaga Listrik (Generator, Transformator Step Up)

- B. Saluran Tegangan Tinggi (STT), yaitu Tegangan 150 - 500 KV
- C. Gardu Induk (GI)
- D. Saluran Sutransmisi (SST) yaitu 70 KV
- E. Saluran Distribusi Primer (SDP) yaitu Tegangan Menengah 20 KV.
- F. Beban
- G. Generator.

B. Karakteristik Jaringan Distribusi

Untuk daya yang sama, maka daya yang digunakan untuk menyalurkan akan naik dikarenakan rugi-rugi transmisi turun apabila tegangan transmisi ditinggikan. Namun, peninggian tegangan transmisi berarti juga menaikkan isolasi dan biaya peralatan dan gardu induk. Oleh karena itu pemilihan tegangan transmisi dilakukan dengan memperhitungkan daya yang disalurkan, jumlah rangkaian, jarak penyaluran, keandalan (reliability), biaya peralatan untuk tegangan tertentu, serta tegangan-tegangan yang sekarang ada dan yang akan direncanakan. Kecuali itu, penentuan tegangan harus juga dilihat dari segi standarisasi peralatan yang ada. Penentuan tegangan merupakan bagian dari perancangan sistem secara keseluruhan.

Di Indonesia, pemerintah telah menyeragamkan deretan tegangan tinggi sebagai berikut:

Tegangan nominal (KV) : (30) - 66 - 150 - 220 - 380 - 500.

Tegangan tertinggi untuk perlengkapan (KV): (36) - 72,5 - 170 - 245 - 420 - 525.

Tegangan nominal 30 KV hanya diperkenankan untuk daerah asuhan dimana tegangan distribusi 20 KV tidak dipergunakan. Penentuan deretan tegangan diatas disesuaikan dengan rekomendasi *International Electrotechnical Commission* (IEC).

Menurut TIM PLN (SPLN 12/1978) yang dikutip oleh Purwanto. A. (1998: 6) Sistem jaringan distribusi tenaga listrik harus memenuhi karakteristik sebagai berikut:

1. Kontinuitas pelayanan yang baik, tidak sering terjadi pemutusan, baik karena gangguan maupun hal-hal yang direncanakan. Biasanya kontinuitas pelayanan terbaik diprioritaskan pada beban-beban yang dianggap vital dan sama sekali tidak dikehendaki mengalami pemadaman sekalipun dalam waktu yang relatif singkat.
2. Kualitas daya yang baik, antara lain meliputi: kapasitas daya yang memadai, tegangan yang selalu konstan dan frekuensi yang selalu konstan untuk arus bolak-balik.
3. Luasan dan penyebaran daerah bebun yang dilayani seimbang. Khususnya untuk sistem tiga fasa, faktor keseimbangan atau kesimetrisan beban pada masing-masing fasa juga perlu diperhatikan.
4. Fleksibel dalam pengembangan dan perluasan daerah beban. Perencanaan sistem distribusi yang baik, tidak hanya bertitik tolak pada kesatuan beban yang sesaat, tetapi perlu diperhitungkan pula secara teliti kemungkinan pengembangan beban yang harus dilayani, bukan saja dalam hal

penambahan kapasitas dayanya, tetapi dalam hal perluasan jaringan yang harus dilayani.

5. Kondisi dan situasi lingkungan, faktor ini merupakan pertimbangan dalam perencanaan untuk lingkungan bersangkutan, misalnya tentang konduktornya, konfigurasinya, tata letaknya dan pertimbangan dari segi estetika atau keindahannya.
6. Pertimbangan ekonomi, faktor ini menyangkut perhitungan atau untung ruginya ditinjau dari segi ekonomis dalam rangka penghematan anggaran yang tersedia.

Sedangkan menurut TCM PLN 1978 (SPLN 12/1978 : 6) sistem jaringan distribusi tenaga listrik untuk 20 KV tiga fasa empat kawat mempunyai ciri-ciri sebagai berikut:

1. Netral yang ditanahkan disepanjang jaringan
2. Dilakukan pentanahan langsung.
3. Pentanahan dilakukan disepanjang jaringan
4. Penghantar netral yang ada merupakan penghantar jaringan tegangan menengah maupun penghantar netral jaringan tegangan rendah.
5. Transformator

Menggunakan Transformator 1 fasa yang dihubungkan antara fasa dan netral bersama sehingga kebutuhan akan aliran tiga fasa dipenuhi oleh susunan tiga fasa. Transformator distribusi satu fasa lebih praktis dan dipasang dengan 4 saluran penghantar, pada sisi kumparan sekunder dapat dihubungkan seri paralel, yang berfungsi untuk memperoleh tegangan 220

Volt/ 380 Volt. Dewasa ini hubungan dari seri paralel maupun seri pada sisi sekunder transformator distribusi satu fasa dilakukan dalam tangki transformator.

Dengan demikian karakteristik jaringan distribusi tenaga listrik adalah jaringan itu mempunyai kontinuitas dan kualitas pelayanan yang baik, tidak seriang terjadi pemutusan, netral dan pentanahan yang dilakukan disepanjang jaringan, hubungan transformator distribusi secara praktis dan dipasang dengan 4 saluran penghantar, pada sisi kumparan sekunder dapat dihubungkan seri paralel, yang berfungsi untuk memperoleh tegangan 220/380 Volt serta memperhatikan kondisi dan situasi lingkungan dan pertimbangan ekonomi dalam hal pengembangan jaringan distribusi.

C. Peralatan proteksi dan pengaman.

1. Proteksi pada sistem jaringan

Jaringan distribusi merupakan bagian dari sistem tenaga listrik yang terdekat dengan pelanggan atau beban di banding dengan jaringan transmisi kuantitas gangguannya adalah terbanyak, maka sangat diperlukan sistem proteksi yang mandiri. Sistem proteksi adalah sistem pengaman terhadap peralatan-peralatan tenaga dari kondisi operasi abnormal.

Kondisi abnormal tersebut antara lain:

- a. Frekuensi sistem tidak stabil
- b. Beban berlebihan

- c. Arus lebih
- d. Tegangan lebih atau kurang
- e. Gangguan hubungan singkat

Adapun tujuan dari proteksi terhadap suatu sistem adalah:

- a. Untuk mengamankan manusia terutama terhadap bahaya yang ditimbulkan oleh listrik
- b. Untuk menghindari atau mengurangi kerusakan peralatan listrik akibat adanya gangguan (kondisi abnormal)
- c. Untuk mempercepat lokalisir atau zone daerah yang terganggu menjadi sekecil mungkin
- d. Untuk memberikan pelayanan tenaga listrik dengan keandalan yang tinggi.

Dalam perencanaan tidak hanya memperhitungkan kemampuan pembangkit, penyaluran dan penerima energi listrik, baik untuk memenuhi kebutuhan mula maupun memperhitungkan pertumbuhan beban selanjutnya. Mengingat bila sistem mendapat gangguan (kerja yang tidak normal) maka sistem tenaga listrik akan terganggu). Oleh karena itu setiap perencanaan sistem tenaga listrik harus dapat memperkirakan peralatan-peralatan pengaman (proteksi) untuk mencegah adanya gangguan sedini mungkin dan melokalisir zone yang terganggu menjadi seminimal mungkin.

Dengan sistem proteksi yang baik diharapkan dapat meningkatkan keandalan dan kamanan dari sistem tenaga listrik tersebut.

2. Gangguan pada jaringan

Penyebab terjadinya gangguan pada jaringan distribusi dapat berasal dari dalam maupun luar sistem jaringan. Gangguan yang berasal dari dalam terutama disebabkan oleh perubahan sifat ketahanan yang ada, misalnya isolator yang retak atau aus karena faktor umur, sedangkan gangguan dari luar biasanya berupa alam antara lain petir, burung, pohon, debu hujan dan sebagainya.

Diantara bermacam-macam gangguan, paling banyak adalah gangguan hubungan singkat yang dapat menimbulkan kerusakan pada rangkaian listrik termasuk pada jaringan distribusi, peralatan pengaman, trafo dan sebagainya. Gangguan hubungan singkat sendiri menurut kuantitas terjadinya dapat dibagi 3 jenis:

- a. Hubungan singkat 1 fasa ke tanah, 65 – 70%
- b. Hubungan singkat 2 fasa ke tanah, 20 – 25%
- c. Hubungan singkat 3 fasa ke tanah, 3 – 5%

Sambaran petir mengandung tegangan dan arus yang sangat tinggi sehingga dapat menembus dielektrik isolasi udara, sedangkan porselin pada saluran udara berkurang kekuatannya karena kotoran atau retak oleh gaya mekanik. Pada keadaan ini menurunnya tahanan isolasi menyebabkan arus kecil mengalir yang akan mempercepat ionisasi, sehingga arus semakin besar cepat sampai terjadi loncatan api (*flash over*).

3. Peralatan pengaman instalasi listrik

Bila terjadi suatu keadaan abnormal pada suatu sistem peralatan, maka diperlukan kerja untuk mengisolir keadaan abnormal tersebut secara sesaat atau di dalam beberapa hal sesudah suatu kejadian kelambatan waktu (*time delay*).

Kerja ini harus cepat dan tepat, sehingga tidak merusak atau mengganggu peralatan yang sehat, serta tidak membahayakan operator atau manusia. Akibat umum dari bahaya yang diakibatkan oleh adanya arus listrik dalam jumlah relatif besar, yang mengalir melalui tubuh manusia adalah terkejut.

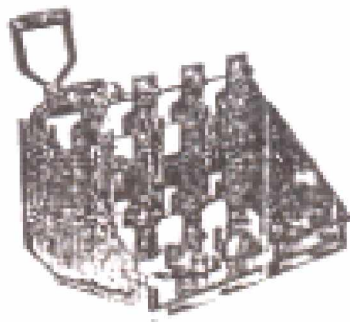
Bila tegangan sebesar 1 volt dikenakan secara langsung pada seseorang mengalirkan arus 100 mikro ampere melalui jantung, maka akan menyebabkan fibrilasi ventrikuler jantung. Oleh karena itu, maksimum arus kebocoran pada casis yang direkomendasikan oleh NFPA dan AAMI adalah 100 mikro ampere.

Tebel 2 memberikan gambaran tentang pengaruh arus listrik pada tubuh manusia. Antara 15 - 30 mA sudah dapat mengakibatkan kematian karena sudah tidak mungkin lagi melepaskan pegangan. Pengaruh-pengaruh lain dari arus listrik yang mengalir melalui tubuh ialah panas yang ditimbulkan dalam tubuh dan pengaruh elektrokimia.

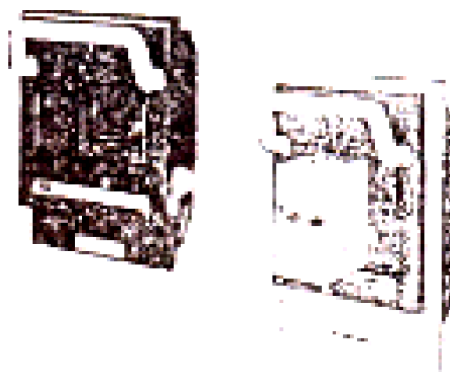
Tabel 2.1. Pengaruh arus listrik pada tubuh manusia

Arus yang mengalir melalui tubuh	Waktu	Pengaruh pada organ tubuh manusia
0,5 mA	Tidak tentu	Terasa, mulai kaget
1 mA	Tidak tentu	Terasa jelas
2 mA	Tidak tentu	Mulai kejang
5 mA	Tidak tentu	Kejang keras
10 mA	Tidak tentu	Sulit melepaskan pegangan
15 mA	15 detik	Kejang dengan rasa nyeri, tidak mungkin melepaskan pegangan
20 mA	5 detik	Nyeri hebat
30 mA	1 detik	Nyeri tak tertahankan
40 Ma	0,2 detik	Mulai tidak sadar, bahaya maut

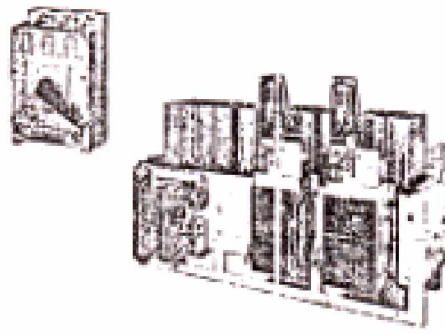
(sumber : Teknik Dan Sistem Distribusi Tenaga Listrik, 2001 : 117)



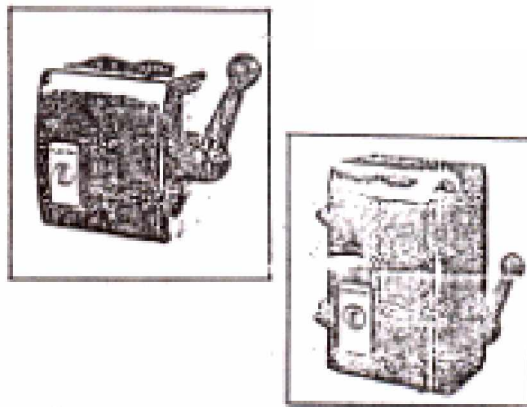
Gambar. 2.3 Sakelar pemindah



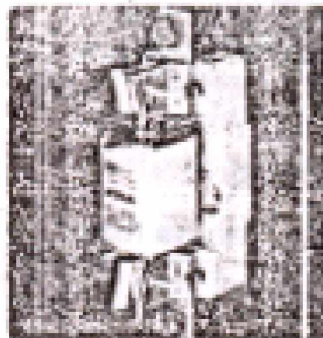
Gambar. 2.4 Pemutus arus hubung singkat otomatis



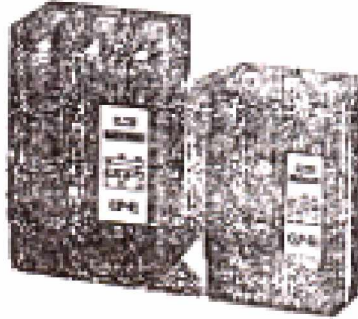
Gambar. 2.5 Pemutus arus lebih otomatis



Gambar. 2.6 Pemutus tegangan



Gambar. 2.7 Sekring lebih



Gambar. 2.8 Pemutus beban lebih otomatis

Pengaman penting yang harus diperhatikan, yaitu:

a. Pengaman terhadap arus lebih

Sering dijumpai dalam praktek, karena arus yang melebihi batas kemampuan alat-alat yang dipakai menyebabkan kerusakan pada instalasi, pengaman harus putus (bekerja) pada batas kemampuannya. Bila pengaman tidak putus dan gejala ini terjadi cukup lama, maka kerusakan pada instalasi tidak dapat dihindari dan kemungkinan terjadi kebakaran.

Arus yang besar disini disebabkan oleh keadaan-keadaan sebagai berikut:

- 1) Pembebanan yang berlebihan (*overload*)
- 2) Hubungan pendek antara kawat pengantar
- 3) Bunga api yang timbul karena kontak-kontak yang kurang baik
- 4) Karena tahanan isolasi antara saluran atau antara saluran dengan tanah/netral terlalu rendah

b. Pengaman terhadap tegangan nol

Untuk mengatasi keadaan ini pada alat-alat (mesin-mesin) dipasang relai-relai yang dapat memutuskan hubungan bila tidak ada suplai yang mengalir.

c. Pengaman terhadap arus balik

Pengaman ini hanya terdapat pada instalasi tenaga arus searah yang menggunakan mesin-mesin yang terhubung secara paralel, sehingga apabila terjadi gangguan yang disebabkan salah satu mesin akan mempengaruhi mesin-mesin lainnya.

d. Pengaman terhadap bahaya singgung

Bahaya persinggungan adalah adanya arus yang mengalir melalui tubuh manusia. Untuk mengamankannya dapat dilakukan dengan cara :

- 1) Menghubungkan bagian-bagian logam alat-alat yang dipakai dengan tanah
- 2) Memberi isolasi yang baik pada penghantar-penghantar, supaya tidak mudah terjadi hubung singkat antar penghantar
- 3) Memberi sekat pada lantai di sekitar alat-alat (mesin) yang dipasang, misalnya dengan alas karet dan sebagainya.
- 4) Melindungi bagian yang tidak tersekat dalam keadaan kerja nominal mengalirkan arus dari bahaya persinggungan.

Oleh karena itu dalam praktek banyak dipakai kotak-kotak penghubung pipa-pipa dari berketil, mika plastik.

Setiap komponen peralatan listrik harus dilengkapi dengan selubung atau penutup sebagai pengaman terhadap kemungkinan pengaruh

masuknya benda dari luar. Tingkat proteksi terhadap benda luar ini dinyatakan sebagai IP (indeks proteksi) dengan dua atau tiga angka sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 3

Tabel 2.2. Indeks proteksi terhadap benda luar

Angka pertama proteksi terhadap benda padat	Angka kedua proteksi terhadap air/likuid	Angka ketiga proteksi terhadap benda benturan
0. Tidak ada proteksi	0. tidak ada proteksi	0. tidak ada proteksi
1. Perlindungan terhadap benda yang lebih besar dari 50 mm	1. terlindung dari air yang jatuh vertical	1. tahan terhadap benturan sebesar 0,225 joule (benda seberat 150 g jatuh setinggi 20 cm)
2. Perlindungan terhadap benda yang lebih besar dari 12 mm	2. terlindung dari air yang jatuh membentuk sudut 15° dengan garis vertical	2. tahan terhadap benturan sebesar 0,500 joule (benda seberat 250 g jatuh setinggi 20 cm)
3. Perlindungan terhadap benda yang lebih besar dari 2,5 mm	3. terlindung dari air yang jatuh membentuk sudut 60° dengan garis vertical	3. tahan terhadap benturan sebesar 2,00 joule (benda seberat 500 g jatuh setinggi 40 cm)
4. Perlindungan terhadap benda yang lebih besar dari 1 mm	4. terlindung dari air yang datang dari segala arah	4. tahan terhadap benturan sebesar 6,00 joule (benda seberat 1,5 kg jatuh setinggi 40 cm)
5. Perlindungan terhadap debu	5. terlindung dari air yang disemprotkan dari segala arah	5. tahan terhadap benturan sebesar 20,00 joule (benda seberat 5 kg jatuh setinggi 40 cm)
6. Debu sekecil apapun tidak masuk	6. terlindung dari semprotan air yang menyerupai gelombang laut	
	7. terlindung dari efek tenggelam	
	8. terlindung dari efek tenggelam dengan kedalaman yang disertai tekanan air (kedap air)	

(sumber : Teknik Dan Sistem Distribusi Tenaga Listrik, 2001 : 121)

MCB (*Mini Circuit Breaker*)

Untuk pengaman hantaran dan peralatan listrik digunakan pengaman lebur dan pengaman otomatis (*MCB*).

Pengaman lebur mempunyai sifat-sifat :

- a. Memutuskan rangkaian yang akan diamankan, bila arusnya melebihi arus yang telah ditentukan akan mengakibatkan meleburnya alat pengaman.
- b. Pengaman lebur yang telah putus tidak boleh disambung lagi, harus diganti dengan yang baru.
- c. Pengaman lebur cepat pada 175 % arus nominal tidak putus pada waktu 10 detik.
- d. Pengaman lebur lambat pada 500 % arus nominal tidak putus pada waktu 6 detik.
- e. Pengaman lebur cepat harus putus dalam waktu yang kurang dari pengaman lebur lambat.

Pengaman otomatis (*MCB*) mempunyai sifat-sifat :

- a. Memutuskan secara otomatis kalau arusnya melebihi dari yang ditentukan.
- b. Setelah terjadi pemutusan masih dapat digunakan lagi
- c. Otomatisnya tidak dihubungkan kembali sebelum gangguannya diperbaiki.

Pengaman otomatis (*MCB*) memberi pengaman termis maupun elektromagnetik. Untuk pengaman elektromagnetik digunakan sebuah kumparan yang dapat menarik sebuah angker dari besi lunak. Umumnya pemutusan secara elektromagnetik ini berlangsung tanpa hambatan. Kalau melebihi nilai yang telah ditentukan, arusnya akan segera diputuskan.

Berdasarkan waktu pemutusannya, pengaman-pengaman otomatis dapat dibagi atas otomat-L, otomat-H, otomat-G.

a. Otomat-L (untuk hantaran)

Pada otomat-L ini pengaman termisnya disesuaikan dengan meningkatnya suhu hantaran. Kalau terjadi beban lebih dan suhu hantarannya melebihi suatu nilai tertentu, elemen dwilogamnya akan memutuskan arusnya.

Kalau terjadi hubungan singkat, arusnya diputuskan oleh pengaman elektromagnetiknya. Untuk arus bolak-balik yang sama dengan $4 I_n - 6 I_n$ dan arus searah yang sama dengan $8 I_n$, pemutusan arusnya berlangsung dalam waktu 0,2 detik.

b. Otomat-H (untuk instalasi rumah)

Pada otomat-H secara teknis sama dengan otomat-L, tetapi pengaman elektromagnetiknya memutuskan dalam waktu 0,2 detik, kalau arusnya sama dengan $2,5 I_n - 3 I_n$ untuk arus bolak-balik atau sama dengan $4 I_n$ untuk arus searah.

Jenis otomat ini digunakan untuk instalasi rumah. Pada instalasi rumah, arus tegangan yang rendahpun harus diputuskan dengan cepat. Jadi kalau terjadi gangguan tanag, bagian-bagian yang terbuat dari logam tidak akan lama bertegangan.

c. Otomat-G.

Jenis otomat-G digunakan untuk mengamankan motor-motor listrik kecil untuk arus bolak-balik atau arus searah, alat-alat listrik dan juga rangkaian akhir besar untuk penerangan, misalnya penerangan bangsal pabrik.

Pengaman elektromagnetiknya berfungsi pada 8 In – 11 In untuk arus bolak-balik atau pada 14 In untuk arus searah.

4. Pentanahan dan hantaran pentanahan

Pentanahan umumnya yang digunakan pada sistem tenaga listrik dapat dibedakan atas dua macam, yaitu : pentanahan dari sistem dan pentanahan peralatan. Dalam suatu instalasi tenaga ada bagian-bagian perlengkapannya yang harus ditanahkan, agar sistem secara keseluruhannya dapat bekerja dengan aman dan tidak menimbulkan bahaya karena tegangan.

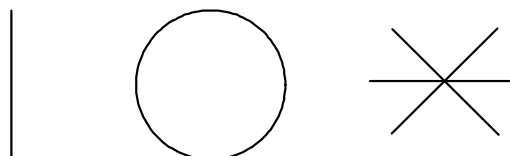
Pentanahan sistem dilaksanakan dengan menghubungkan ke tanah salah satu konduktor-konduktor pembawa arus dari sistem distribusi atau lebih dikenal menghubungkan ke tanah titik netral dari trafo dan generator.

Pentanahan peralatan cenderung digunakan untuk menjamin keselamatan para personil yang bekerja di dekat peralatan yang bertegangan, yaitu dengan menghubungkan ke tanah dari bagian-bagian peralatan logam yang tidak dialiri arus listrik dari sistem atau alat-alat yang berhubungan dengan sistem tersebut, misalnya saluran-saluran logam, rangka-rangka motor, rangka-rangka peralatan, rangka-rangka trafo, kotak-kotak switch gear, rumah-rumah mesin pembangkit, batang (untuk menggerakkan sakelar) dan sebagainya.

Tujuan utama dari pentanahan peralatan adalah :

- memberi jaminan keselamatan kerja bagi operator ataupun orang lain yang berada di sekitar peralatan tersebut.
- Untuk membatasi tegangan antara bagian-bagian peralatan yang tidak dialiri arus listrik terhadap bumi pada batas tegangan yang aman pada segala keadaan.
- Sebagai saluran kembali dengan impedansi yang rendah untuk arus gangguan ke tanah.

Pada sistem pentanahan peralatan harus diperhatikan mengenai elektroda dan tahanan pentanahannya. Bentuk-bentuk elektroda pentanahan, ditunjukkan pada gambar 13.



A. batang B. Cincin C. Hexagonal
Gambar 2.9 Bentuk-bentuk Elektroda Pentanahan

Besarnya nilai tahanan elektroda pentanahan dinyatakan oleh persamaan-persamaan sebagai berikut :

Untuk bentuk batang panjang silindris :

$$R = \frac{\rho}{\pi^2 D} \left[\ln^2 \frac{l}{b} - 1 \right]$$

Untuk bentuk cincin lingkaran :

$$R = \frac{\rho}{\pi^2 D} \left(\frac{4D}{b} \right)$$

Dimana :

R = tahanan elektroda pentanahan (ohm)

ρ = tahanan jenis (ohm m)

l = panjang total konduktor (m)

d = diameter konduktor

D = diameter cincin

K = kedalaman penanaman konduktor

$b = \sqrt{d h}$ m

Nilai tahanan R sangat ditentukan oleh tahanan jenis tanah p . Makin kecil makin baik, dalam praktek diijinkan tidak lebih dari 4 ohm. Besarnya nilai tahanan jenis tanah p sendiri ditentukan oleh sifat-sifat keadaan tanah ditunjukkan oleh Tabel 6.

Tabel 2.3. Tahanan jenis tanah

Jenis tanah	Rawa	Liat/lading	Pasir	Kerikil	Berbatu
ρ (Ω m)	30	100	200-500	500-1000	>>

(sumber : Teknik Dan Sistem Distribusi Tenaga Listrik, 2001 : 125)

D. Keandalan Sistem Distribusi

1. Faktor-Faktor Keandalan

Suatu instalasi yang baku yang sebelumnya belum pernah mengalami keadaan seperti operasional, maka pada pemulaan operasinya selalu ada resiko timbulnya kegagalan atau kerusakan yang disebabkan hal-hal yang tidak terduga. Instalasi baru sering merupakan sumber gangguan dalam sistem operasi.

Istilah keandalan menggambarkan keamanan sistem penghindaran dari gangguan-gangguan yang menyebabkan sebagian besar pemadaman sistem distribusi adalah akibat alam (petir, angin, hujan, binatang) dan sebagian lagi adalah kerusakan material atau peralatan.

Keandalan adalah penampilan unjuk kerja suatu peralatan atau sistem sesuai dengan fungsinya dalam periode waktu dan kondisi operasi tertentu.

Terdapat empat faktor yang penting dalam keandalan tersebut yaitu : probabilitas, unjuk kerja sesuai dengan fungsinya, periode waktu dan kondisi operasi.

a. Probabilitas

Probabilitas adalah suatu nilai yang menyatakan berapa kali suatu kejadian kemungkinan akan terjadi dari sejumlah operasi tertentu yang dilakukan terhadap suatu peralatan.

b. Unjuk Kerja

Unjuk kerja adalah penampilan perakitan untuk menyatakan peralatan atau sistem bekerja secara memuaskan

c. Periode Waktu

Yaitu faktor yang menyatakan ukuran dari periode waktu yang digunakan didalam pengukuran probabilitas. Bila tidak terdapat periode waktu ini maka nilai keandalan tidak dapat diperoleh secara akurat

d. Pengoperasian

Faktor ini menyatakan pada kondisi bagaimana percobaan dilakukan untuk mendapatkan angka keandalan, kondisi yang dimaksud misalnya: lingkungan, suhu, guncangan, dan sebagainya.

Keandalan suatu sistem tenaga listrik sangat erat hubungannya dengan ketersediaan, yaitu jumlah waktu sistem bekerja sesuai dengan fungsinya. Sedangkan seluruh waktu operasi sistem tersebut terbagi dalam dua waktu, yaitu waktu perbaikan atau waktu kegagalan dan waktu sistem beroperasi secara normal.

2. Parameter Keandalan Dan Ketersediaan

Parameter-parameter penentu keandalan sistem tenaga peralatan listrik adalah:

a. Laju kegagalan

Laju kegagalan adalah nilai rata-rata dari jumlah kegagalan persatuan waktu pada selang pengamatan tertentu (T). satuan yang digunakan kegagalan pertahun sehingga dapat ditulis sebagai berikut

$$\lambda = \frac{d}{T}$$

Dengan:

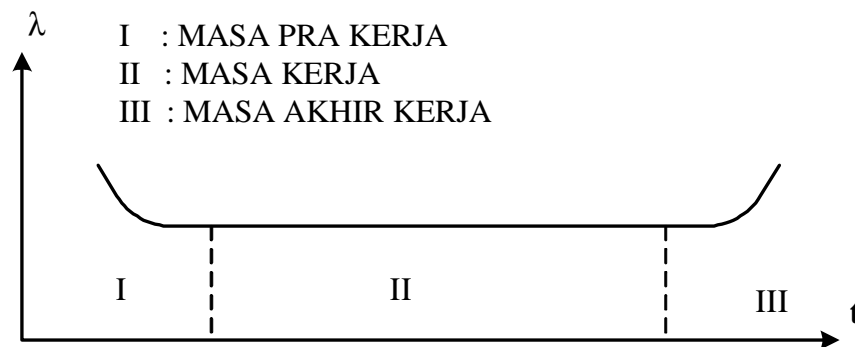
λ = nilai kegagalan (kegagalan/tahun)

d = jumlah kegagalan dalam waktu T

T = selang waktu pengamatan (tahun)

Jumlah peralatan yang gagal dalam menjalankan fungsinya adalah berubah tetap terhadap waktu, sebagaimana ditunjukkan pada gambar

14 sbb



Gambar 2.10. Kurva Mortalitas, laju, Versus umur.

Tingkat kegagalan berubah sesuai dengan umur dari sistem atau berubah sesuai dengan umur komponen dari sistem atau peralatan listrik selama beroperasi. Pada daerah I dan III perubahan nilai kegagalan terjadi secara eksponensial, dimana daerah I penurunan sedangkan daerah III sebaliknya. Dengan bertambahnya umur peralatan maka kemungkinan terjadinya kegagalan akan semakin besar pula.

1) Daerah I, permulaan kerja atau masa pra kerja

Pada daerah I kegagalan yang terjadi berupa kegagalan awal, dimana peralatan atau sistem sebelum berfungsi secara normal (baru dioperasikan). Nilai kegagalan pada daerah ini akan berkurang dengan cepat dalam waktu relative singkat. Hal ini dimungkinkan karena kurang telitinya didalam pemasangan peralatan sistem tersebut.

2) Daerah II, umur kerja atau masa kerja

Pada daerah II kegagalan yang terjadi berupa kegagalan konstan, dimana peralatan atau sistem telah berfungsi secara normal. Kegagalan pada daerah ini tidak banyak mengalami perubahan dan dapat dianggap mempunyai kegagalan yang konstan.

3) Daerah III, masa akhir kerja

Dengan bertambahnya umur peralatan atau sistem maka berkurang pula tingkat keandalan peralatan atau sistem tersebut, yang mengakibatkan sering terjadinya kegagalan. Pada umumnya kegagalan karena ketuaan ini jarang terjadi. Karena sebelum peralatan mencapai perioda ini, biasanya sudah dilakukan penggantian atau peremajaan pada peralatan tersebut mengingat pemakaian dianggap tidak ekonomis lagi.

b. Lama kegagalan

Bila perbaikan tiap kegagalan segera dilakukan, maka dapat dianggap bahwa waktu perbaikan adalah waktu dimana sistem atau peralatan listrik tidak dapat beroperasi secara normal, dikarenakan adanya kegagalan. Waktu perbaikan ini meliputi:

- 1) Mencari peralatan yang rusak
- 2) Menganalisis sebab kegagalan
- 3) Testing peralatan sebelum dioperasikan kembali
- 4) Selang waktu antara saat dimulainya operasi hingga sistem bekerja normal (bila pabrik berhenti total)

c. Waktu perbaikan

Waktu perbaikan merupakan jumlah waktu keseluruhan yang digunakan, dari mulai terjadinya kegagalan hingga perbaikan atau hingga dapat bekerja kembali secara normal

3. Waktu Antara Kegagalan

Waktu antara kegagalan adalah selang waktu rata-rata antara dua kegagalan yang berurutan, atau perioda waktu dimana sistem atau peralatan listrik bekerja sesuai dengan fungsinya.

Nilai m ini adalah:

$$m + r = \frac{8760}{\lambda}$$

atau

$$m = \frac{8760}{\lambda} - r$$

Dengan

m = waktu antara kegagalan (jam)

λ = laju kegagalan pertahun

r = waktu perbaikan per kegagalan (jam)

8760 = jumlah jam operasi dalam satu tahun

4. Keandalan Sistem Distribusi

Bila gangguan (ketidakandalan) suatu komponen selama suatu waktu adalah $F(t)$, maka keandalan komponen dapat dinyatakan sebagai $R(t) = 1 - F(t)$. dan pada suatu interval waktu laju kegagalan, maka:

$$R(t) = e^{-xt} \text{ dan } F(t) = 1 - e^{-xt}$$

Dengan demikian persamaan keandalan sebagai fungsi waktu, dimana laju kegagalan juga merupakan fungsi waktu dinyatakan oleh persamaan

$$R(t) = e^{-xt}$$

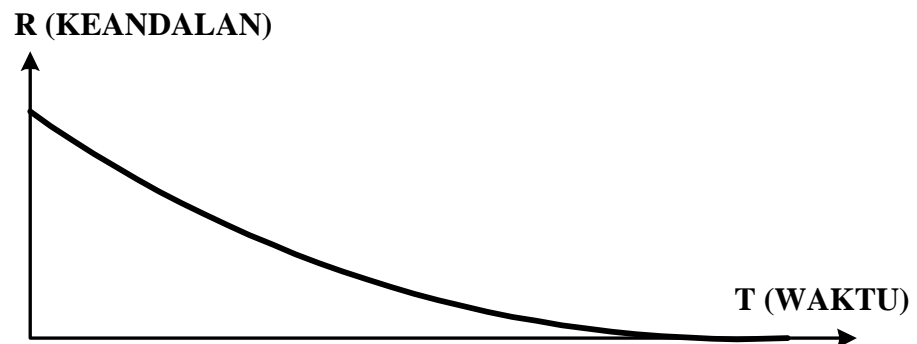
Dengan:

$$R(t) = \text{Keandalan}$$

e = Bilangan dasar natural logaritma

t = Waktu dalam tahun

Bila laju kegagalan konstan, maka nilai keandalan hanya tergantung pada waktu t . dari persamaan diatas terlihat hubungan antara keandalan dan waktu dimana penurunan keandalan akan terjadi secara eksponensial terhadap waktu seperti di tunjukkan pada gambar.



Gambar 2.11. Kurva keandalan versus umur.

Untuk mengukur kualitas suatu sistem atau peralatan listrik bekerja sesuai dengan fungsinya dapat dibandingkan dengan seluruh waktu operasi sistem tersebut. Seluruh waktu operasi sistem pada hakekatnya dibagi dua bagian yaitu waktu positif dan waktu negatif.

Bila waktu sistem bekerja secara normal disebut waktu positif dan bila waktu sistem tidak dapat beroperasi secara disebut waktu negatif. Kemungkinan peralatan atau sistem dalam keadaan positif (K_1) dan dalam keadaan negatif (K_2) adalah:

$$K_1 = \frac{m}{m+r}$$

$$K_2 = \frac{r}{m+r}$$

Dengan :

m = waktu antara kegagalan

r = waktu perbaikan, lama rata-rata keadaan bahwa selama satu perioda

5. Ketersediaan Daya

Kemungkinan peralatan atau sistem dalam keadaan positif (sistem bekerja normal), selama dalam selang waktu tertentu tersebut “ketersediaan” dapat dituliskan sebagai berikut :

$$A = \frac{m}{m+r}$$

Dari persamaan di atas telah diperoleh

$$m = \frac{8760}{\lambda} - r \text{ atau } m + r = \frac{8760}{\lambda},$$

bila didistribusikan, diperoleh :

$$A = \frac{8760}{\lambda} m$$

$$= \frac{\lambda}{8760} \left(\frac{8760}{\lambda} - r \right). 1, \text{ sehingga,}$$

$$A = 1 - \frac{\lambda \cdot r}{8760}$$

Dan

$$U = \frac{\lambda \cdot r}{8760}$$

Dengan :

A = ketersediaan

U = ketidaktersediaan (dalam tahun)

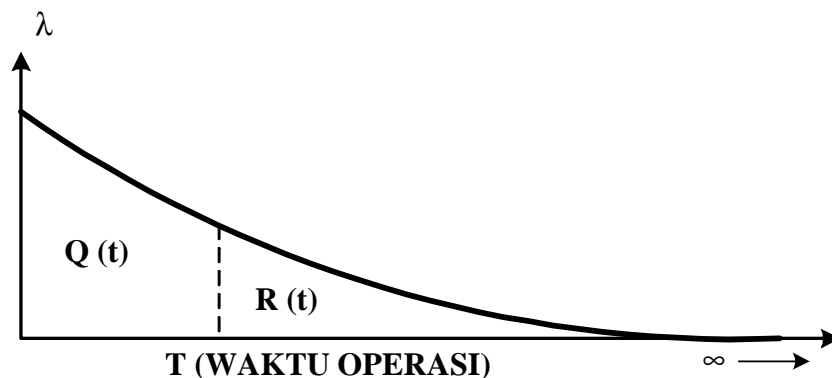
Untuk mengetahui ketidaktersediaan (U) sistem atau peralatan listrik dalam satuan jam, maka hasil dalam satuan dikalikan dengan jumlah jam operasi selama satu tahun (365 hari), sehingga :

$$U = \lambda \cdot r \text{ hari / tahun}$$

Dengan bertambahnya nilai U, maka keandalannya akan menjadi lebih kecil atau menurun dan sebaliknya jika harga U menurun maka keandalannya akan bertambah besar. Pernyataan ini sesuai dengan persamaan sebelumnya sedangkan besaran $(\lambda \cdot r)$ akan berpengaruh terhadap ketersediaan, dimana dengan bertambahnya $(\lambda \cdot r)$, maka nilai ketersediaannya akan menurun, demikian pula sebaliknya jika nilai $(\lambda \cdot r)$ mengecil maka nilai ketersediaannya akan meningkat.

Jika A dan U merupakan ukuran nilai keandalan dan ketidaktersediaan atau ketidakandalan sistem tenaga listrik, maka

hubungan antara keandalan dan ketidakandalan digambarkan dengan grafik dalam gambar 16.



Gambar 2.12. Hubungan antara keandalan dan ketidakandalan.

E. Kerangka Berpikir.

Sistem jaringan distribusi terutama jaringan untuk tegangan rendah yaitu 220V / 380V tersusun dari peralatan dan perlengkapan listrik yang beraneka ragam yaitu mulai dari transformator daya untuk penurun tegangan, saluran penghantar udara, sampai pada pemakai atau konsumen yaitu PHB.

Pemasangan jaringan distribusi tegangan rendah harus memenuhi syarat keamanan, keandalan, ekonomis, estetis dan kenyamanan. Dalam pemasangan peralatan dan perlengkapan jaringan distribusi tegangan rendah harus didasarkan pada ketentuan-ketentuan yang tercantum dalam PUIL 2000 dan peraturan-peraturan lain yang berlaku sehingga jaringan tersebut aman untuk digunakan sesuai dengan maksud dan tujuan penggunaannya, mudah dioperasikan dan dipelihara.

Berkaitan dengan hal itu maka perencana, pemasang dan pemeriksa jaringan harus dari tenaga kerja yang ahli dibidang listrik khususnya jaringan

dari instansi yang berwenang, tenaga ahli di Indonesia disebut BTL dan diharapkan BTL tersebut dapat melaksanakan pemasangan instalasi sesuai dengan peraturan yang berlaku.

Dalam pemasangannya sistem jaringan distribusi tegangan rendah yang ada di Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang, perlengkapan hubung bagi merupakan salah satu komponen sangat penting karena perlengkapan hubung bagi ini yang akan menunjukkan seberapa besar daya yang terpasang di sebuah gedung.

Berdasarkan survei awal yang dilakukan peneliti diduga ada penyimpangan dalam pemakaian daya terutama mengenai pengaman tiap-tiap gedung yang ada di lingkungan Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang di karenakan adanya penambahan beban dan penggunaan daya di tiap gedung yang tidak sama serta penambahan gedung-gedung baru yang mengakibatkan tidak seimbangnya beban. Hal ini juga berpengaruh pada ketersediaan daya dan juga keandalan sistem distribusinya.

Melalui penelitian ini diharapkan dapat diketahui data yang sebenarnya tentang kondisi daya yang terpasang pada tiap-tiap gedung di Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang, kemudian data tersebut dianalisis untuk mengetahui presentase daya yang terpasang secara keseluruhan sehingga dapat dijadikan acuan untuk waktu yang akan datang.

BAB III

METODE PENELITIAN

Metode penelitian merupakan suatu cara atau strategi yang digunakan oleh peneliti di dalam melaksanakan kegiatan penelitiannya untuk mengambil data dan kenyataan yang terdapat di lapangan. Dari hasil pelaksanaan penelitian tersebut dapat ditarik suatu kesimpulan yang dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah di muka publik.

1. Tempat penelitian yang digunakan untuk menyusun skripsi ini dilakukan di Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang
2. Waktu penelitian dilaksanakan mulai tanggal 1 september 2006 s/d selesai

Metode yang digunakan untuk penelitian ini adalah penelitian deskriptif. Metode penelitian deskriptif sebagai kegiatan yang meliputi pengumpulan data dalam rangka menguji hipotesis atau menjawab pertanyaan yang menyangkut keadaan yang sedang berjalan dari pokok suatu penelitian. Penelitian deskriptif menentukan dan melaporkan keadaan sekarang. Adapun alasan digunakannya metode deskriptif yaitu sebagai berikut :

1. Metode deskriptif telah digunakan secara luas dan dapat meliputi lebih banyak segi dibanding dengan metode–metode penelitian yang lain.
2. Metode deskriptif banyak memberikan sumbangan kepada ilmu pengetahuan melalui pemberian informasi keadaan mutakhir dan dapat membantu mengidentifikasi faktor–faktor yang berguna untuk pelaksanaan percobaan.

3. Metode deskriptif dapat digunakan untuk menggambarkan keadaan-keadaan yang mungkin terdapat dalam situasi tertentu.

Penelitian deskriptif ini melakukan analisis hanya sampai pada taraf deskripsi, yaitu menganalisis dan menyajikan fakta secara sistematis sehingga dapat lebih mudah untuk dipahami dan disimpulkan. Simpulan yang diberikan jelas atas dasar faktualnya sehingga semuanya dapat dikembalikan langsung pada data yang diperoleh.

A. WAKTU DAN TEMPAT PENELITIAN

Penelitian tentang sistem jaringan distribusi di Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang ini dilaksanakan pada tanggal 1 september 2006 s/d selesai. Sedangkan tempat yang digunakan oleh peneliti dalam penelitian ini jaringan distribusi yang ada di Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang yang meliputi empat jurusan teknik yaitu Teknik Sipil (gedung E3 dan E4), Teknik Mesin (gedung E5 dan E9), Teknik Elektro (gedung E6 dan E8), gedung E7 yang merupakan jurusan Teknologi Jasa dan Produksi (TJP), serta gedung-gedung perkuliahan yaitu gedung E1 (Ruang Dekan, Tata Usaha, dan perkuliahan) dan gedung E2 (Ruang perkuliahan dan Aula).

B. POPULASI DAN SAMPEL

Menurut Sudjana, (2002 : 161) Populasi adalah totalitas semua nilai yang mungkin, baik hasil menghitung maupun pengukuran, kuantitatif ataupun kualitatif, daripada karakteristik tertentu mengenai sekumpulan obyek yang lengkap dan jelas. Dalam hal ini yang menjadi populasi dari penelitian in

adalah jaringan distribusi yang ada di Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang. Sedangkan metode sampel atau sampling adalah sebagian yang diambil dari populasi dengan menggunakan cara-cara tertentu.

Dalam penelitian ini sampling yang digunakan ialah sampling purposif. Menurut Sudjana (2002: 168) sampling purposif atau juga dikenal sebagai sampling pertimbangan terjadi apabila pengambilan sampel dilakukan berdasarkan pertimbangan perorangan atau pertimbangan peneliti. Sehingga dalam penelitian ini yang menjadi sampel ialah Laboratorium Teknik Sipil (E3) dan Laboratorium Teknik Mesin (E9) dengan pertimbangan tempat ini mempunyai pengaman daya yang lebih besar dan itu bisa mewakili seluruh populasi yang ada pada Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.

C. METODE PENGUMPULAN DATA

Metode pengumpulan data ialah cara atau strategi yang ditempuh untuk mengambil data dari variabel penelitian tersebut. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode pengumpulan data observasi secara langsung di lapangan. Dengan metode observasi ini peneliti dapat melakukan pengamatan secara jelas dan nyata serta pencatatan secara sistematis terhadap gejala atau fenomena yang diselidiki.

D. INSTRUMEN PENELITIAN

Penyusunan instrumen penelitian ini berguna untuk mengumpulkan data yang diambil dari lapangan atau obyek penelitian, yaitu mengenai jaringan distribusi maka instrumen ini disusun atas faktor-faktor :

1. Transformator distribusi.
2. Sistem jaringan distribusi.
3. Penggunaan kawat penghantar jaringan distribusi.
4. Pembatas beban tiap titik jaringan.

E. METODE ANALISIS DATA

Metode analisis data adalah cara mengolah data yang telah diperoleh untuk kemudian dapat memberikan suatu jawaban atau kesimpulan yang dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah.

Dalam penelitian ini metode analisis data yang digunakan adalah analisis deskriptif, yaitu untuk mengetahui sistem jaringan distribusi tegangan rendah dengan mengacu pada PUIL 2000 dengan memperhatikan faktor-faktor luas penampang yang digunakan, jenis penghantar kawat, sistem keamanan dan keandalannya, dan sambungan pada tiap titik percabangan.

BAB IV

PENYAJIAN DAN ANALISIS DATA

A. Penyajian Data

1. Deskripsi data

Berdasarkan hasil pengamatan mengenai sistem jaringan distribusi Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang di peroleh data sebagai berikut :

a. Transformator Distribusi

Berdasarkan pengamatan transformator distribusi yang terpasang di Fakultas Teknik diperoleh data (menurut *plate name* pada body) sebagai berikut :

Di produksi oleh : PT. UNINDO

STANDAR IEC 76 /SPLN-50
TRANSFORMATOR 3 FASA

Frekuensi : 50 Hertz

No : 77725

Dibuat Tahun : 2004

Daya Nominal :

Primer : 100 KVA

Sekunder : 100 KVA

Hubungan :

Primer : Y N

Sekunder : Y n 6

Tegangan Nominal

Primer	Sekunder
20000	400

Arus Nominal (Ampere)

Primer	Sekunder
2,9	144,3

Tegangan Hubung Singkat : 4 %

Pendinginan Dengan Minyak : MINERAL-OIL

Kenaikan Suhu (°C)

Minyak : 60

Kumparan : 65

Tingkat Isolasi Dasar : 125 KV

Jumlah Berat : 6 0 0 kg

Berat Minyak : 1 4 0 kg

b. Jumlah titik beban

Titik beban yang ada di Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang adalah sebagai berikut :

- 1) Gedung E1 (Ruang dekan, Tata Usaha, Ruang perkuliahan)
- 2) Gedung E2 (Ruang perkuliahan dan Aula)
- 3) Gedung E3 (Laboratorium Teknik Sipil)
- 4) Gedung E4 (Laboratorium Teknik Sipil)
- 5) Gedung E5 (Laboratorium Teknik Mesin)
- 6) Gedung E6 (Laboratorium Teknik Elektro)

- 7) Gedung E7 (Laboratorium Teknologi Jasa dan Produksi)
- 8) Gedung E8 (Laboratorium Teknik Elektro)
- 9) Gedung E9 (Laboratorium Teknik Mesin)

c. Jumlah tiang jaringan

Jumlah tiang distribusi yang ada di Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang adalah sebagai berikut :

- 1) Tiang UN.T.1/SUTM merupakan tiang utama untuk Transformator distribusi dan juga untuk jaringan distribusi tegangan menengah 20KV, terbuat dari beton.
- 2) Tiang UN.T.1.III - 1 untuk penerangan terbuat dari bahan besi.
- 3) Tiang UN.T.1.IV - 1 untuk konstruksi tarikan pada sudut $0^\circ - 5^\circ$ jaringan terbuat dari bahan besi.
- 4) Tiang UN.T.1.IV - 1.a.1 untuk penerangan terbuat dari bahan besi.
- 5) Tiang UN.T.1.IV - 1.a.2 untuk penerangan terbuat dari bahan besi.
- 6) Tiang UN.T.1.III - 2 untuk konstruksi *Dead End* dan penerangan terbuat dari bahan besi.
- 7) Tiang UN.T.1.II - 1 untuk konstruksi tarikan dengan sudut $0^\circ - 5^\circ$ dan penerangan terbuat dari bahan beton.
- 8) Tiang UN.T.1.II - 2 untuk konstruksi tarikan dengan sudut $0^\circ - 5^\circ$ dan penerangan terbuat dari bahan beton.
- 9) Tiang UN.T.1.II - 3 untuk konstruksi tarikan dengan sudut $0^\circ - 5^\circ$ dan penerangan terbuat dari bahan beton.

- 10) Tiang UN.T.1.II - 4 untuk konstruksi tarikan dengan sudut 5° - 60° dan penerangan terbuat dari bahan beton.
- 11) Tiang UN.T.1.II - 4.a - 1 untuk konstruksi tarikan dengan sudut 5° - 60° terbuat dari bahan beton.
- 12) Tiang UN.T.1.I - 1 untuk konstruksi tarikan dengan sudut 5° - 60° dan penerangan terbuat dari bahan besi.
- 13) Tiang UN.T.1.I - 2 untuk konstruksi tarikan dengan sudut 5° - 60° dan penerangan terbuat dari bahan besi.
- 14) Tiang UN.T.1.I - 2.a - 1 untuk penerangan terbuat dari bahan beton.
- 15) Tiang SUTM.UN.T - 1, SUTM.UN.T - 2, SUTM.UN.T - 3 merupakan tiang penopang untuk saluran udara tegangan menengah 20 KV terbuat dari bahan beton.

d. Penghantar.

- 1) Penghantar yang digunakan pada jaringan distribusi tegangan rendah di Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang adalah sebagai berikut :
 - a) Dari Tiang utama trafo distribusi ke tiang UN.T.1.IV - 1 ke titik gedung E1 dan gedung E2 menggunakan kawat pilin udara berpenghantar aluminium berisolasi XLPE : NFA2X - T 3×25 mm + 25 mm^2 0,6 / 1KV SPLN.
 - b) Dari Tiang utama trafo distribusi ke tiang UN.T.1.II - 1, UN.T.1.II - 2, UN.T.1.II - 3, UN.T.1.II - 4, UN.T.1.II - 4.a - 1 ke titik gedung E7 dan gedung E9 menggunakan kawat pilin

udara berpenghantar alumunium berisolasi XLPE: NFA2X - T 3
 $\times 50 \text{ mm} + 35 \text{ mm}^2$ 0,6 / 1KV SPLN.

- c) Dari Tiang UN.T.1/SUTM didistribusikan ke titik gedung E3 menggunakan kawat pilin udara berpenghantar alumunium berisolasi XLPE: NFA2X - T 3 $\times 25 \text{ mm} + 25 \text{ mm}^2$ 0,6 / 1KV SPLN.
 - d) Dari Tiang UN.T.1/SUTM didistribusikan ke tiang UN.T.1.I – 1, UN.T.1.I - 2 ke titik gedung E6 dan gedung E8 menggunakan kawat pilin udara berpenghantar alumunium berisolasi XLPE: NFA2X - T 3 $\times 50 \text{ mm} + 35 \text{ mm}^2$ 0,6 / 1KV SPLN.
 - e) Untuk penghantar dari tiang UN.T.1.II – 1 menuju titik gedung E5 menggunakan kawat pilin udara berpenghantar alumunium berisolasi XLPE: NFA2X - T 3 $\times 25 \text{ mm} + 25 \text{ mm}^2$ 0,6 / 1KV SPLN.
 - f) Untuk penghantar dari tiang UN.T.1.II - 4 menuju titik gedung E7 menggunakan kawat pilin udara berpenghantar alumunium berisolasi XLPE: NFA2X -T 3 $\times 50 \text{ mm} + 35 \text{ mm}^2$ 0,6 / 1KV SPLN.
 - g) Untuk penghantar dari tiang UN.T.1.I - 1 menuju titik gedung E4 menggunakan kawat pilin udara berpenghantar alumunium berisolasi XLPE: NFA2X -T 3 $\times 25 \text{ mm} + 25 \text{ mm}^2$ 0,6 / 1KV SPLN.
- 2) Kawat penghantar yang menghubungkan titik sambung dari gedung menuju panel adalah sebagai berikut :

- a) Untuk titik gedung E6 - E7 - E8 - E9 menggunakan kawat penghantar tanah berisolasi dan berselubung termoplastik yaitu NYY 4 x 10 mm².
- b) Untuk titik gedung E2 - E3 - E4 - E5 menggunakan kawat pilin udara berpenghantar aluminium berisolasi XLPE: NFA2X - T 3 x 25 mm + 25 mm² 0,6 / 1KV SPLN.
- c) Sedang untuk titik gedung E1 menggunakan kawat penghantar tanah berisolasi dan berselubung termoplastik yaitu NYY 4 x 6 mm².
- e. Besarnya pembatas arus tiap titik.

Besarnya pembatas arus yang ada di tiap titik yang terletak di panel utama pada tiap gedung adalah sebagai berikut :

- | | |
|--|--------------------|
| 1) Gedung E1 (R. Dekan, T U, R. Perkuliahan) | : MCB 3 FASA 32 A |
| 2) Gedung E2 (R. perkuliahan dan Aula) | : MCB 3 FASA 45 A |
| 3) Gedung E3 (Laboratorium Teknik Sipil) | : MCB 3 FASA 100 A |
| 4) Gedung E4 (Laboratorium Teknik Sipil) | : MCB 3 FASA 40 A |
| 5) Gedung E5 (Laboratorium Teknik Mesin) | : MCB 3 FASA 75 A |
| 6) Gedung E6 (Laboratorium Teknik Elektro) | : MCB 3 FASA 50 A |
| 7) Gedung E7 (Lab. TJP) | : MCB 3 FASA 50 A |
| 8) Gedung E8 (Lab. Teknik Elektro) | : MCB 3 FASA 60 A |
| 9) Gedung E9 (Lab. Teknik Mesin) | : MCB 3 FASA 125 A |

- f. Survei beban pada gedung-gedung di Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang

- 1) Gedung E1 (R. Dekan, TU, R. Perkuliahan)

- a) Untuk fasa R beban terhitung adalah sebesar : 7.622 Watt
 - b) Untuk fasa S beban terhitung adalah sebesar : 5.429 Watt
 - c) Untuk fasa T beban terhitung adalah sebesar : 9.775 Watt
 - Sehingga jumlah total keseluruhan menjadi : 23.826 Watt
- 2) Gedung E2 (R. Perkuliahan dan Aula)
- a) Untuk fasa R beban terhitung adalah sebesar : 10.703 Watt
 - b) Untuk fasa S beban terhitung adalah sebesar : 6.787 Watt
 - c) Untuk fasa T beban terhitung adalah sebesar : 7.294 Watt
 - Sehingga jumlah total keseluruhan menjadi : 24.784 Watt
- 3) Gedung E3 (Lab. Teknik Sipil)
- a) Untuk fasa R beban terhitung adalah sebesar : 4.473 Watt
 - b) Untuk fasa S beban terhitung adalah sebesar : 3.692 Watt
 - c) Untuk fasa T beban terhitung adalah sebesar : 11.508 Watt
 - Sehingga jumlah total keseluruhan menjadi : 19.673 Watt
- 4) Gedung E4 (Lab. Teknik Sipil)
- a) Untuk fasa R beban terhitung adalah sebesar : 5.118 Watt
 - b) Untuk fasa S beban terhitung adalah sebesar : 3.441 Watt
 - c) Untuk fasa T beban terhitung adalah sebesar : 8.043 Watt
 - Sehingga jumlah total keseluruhan menjadi : 16.146 Watt
- 5) Gedung E5 (Lab. Teknik Mesin)
- a) Untuk fasa R beban terhitung adalah sebesar : 2.491 Watt
 - b) Untuk fasa S beban terhitung adalah sebesar : 7.617 Watt
 - c) Untuk fasa T beban terhitung adalah sebesar : 9.310 Watt

- Sehingga jumlah total keseluruhan menjadi : 19.418 Watt
- 6) Gedung E6 (Lab. Teknik Elektro)
- a) Untuk fasa R beban terhitung adalah sebesar : 8.344 Watt
 - b) Untuk fasa S beban terhitung adalah sebesar : 4.832 Watt
 - c) Untuk fasa T beban terhitung adalah sebesar : 3.010 Watt
- Sehingga jumlah total keseluruhan menjadi : 16.146 Watt
- 7) Gedung E7 (Lab. TJP)
- a) Untuk fasa R beban terhitung adalah sebesar : 6.438 Watt
 - b) Untuk fasa S beban terhitung adalah sebesar : 4.008 Watt
 - c) Untuk fasa T beban terhitung adalah sebesar : 8.774 Watt
- Sehingga jumlah total keseluruhan menjadi : 19.220 Watt
- 8) Gedung E8 (Lab. Teknik Elektro)
- a) Untuk fasa R beban terhitung adalah sebesar : 19.265 Watt
 - b) Untuk fasa S beban terhitung adalah sebesar : 3.008 Watt
 - c) Untuk fasa T beban terhitung adalah sebesar : 4.398 Watt
- Sehingga jumlah total keseluruhan menjadi : 26.671 Watt
- 9) Gedung E9 (Lab. Teknik Mesin)
- a) Untuk fasa R beban terhitung adalah sebesar : 2.800 Watt
 - b) Untuk fasa S beban terhitung adalah sebesar : 3.495 Watt
 - c) Untuk fasa T beban terhitung adalah sebesar : 7.970 Watt
- Sehingga jumlah total keseluruhan menjadi : 14.265 Watt

Jumlah beban keseluruhan di Fakultas Teknik untuk perhitungan tiap fasa adalah sebagai berikut :

- Untuk fasa R beban terhitung adalah sebesar : **67.254 Watt**
- Untuk fasa S beban terhitung adalah sebesar : **42.309 Watt**
- Untuk fasa T beban terhitung adalah sebesar : **70.082 Watt**

Sehingga jumlah beban keseluruhan menjadi **179.645 Watt**.

g. Besarnya beban yang ada pada titik gedung Teknik Sipil (E3) dan gedung Teknik Mesin (E9) adalah sebagai berikut :

- 1) Untuk Teknik Sipil (E3) beban yang terhitung adalah 19.673 Watt
- 2) Untuk Teknik Mesin (E9) beban yang terhitung adalah 14.265 Watt

Titik gedung E3 dan E9 di pilih sebagai sampel dengan pertimbangan bahwa pengaman daya yang terpasang tersebut besar yaitu 100 A untuk Teknik Sipil dan 125 A untuk Teknik Mesin.

B. Analisis Data

Berdasarkan diskripsi data dari hasil pengamatan mengenai sistem jaringan Distribusi Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang, dapat dianalisis sebagai berikut :

1. Transformator Distribusi

Transformator distribusi yang telah terpasang di Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang merupakan transformator penurun tegangan dari tegangan distribusi 20.000 Volt menjadi 400 Volt dan penggunaannya adalah satu transformator untuk sejumlah pemakai dalam hal ini adalah

gedung-gedung perkuliahan maupun laboratorium-laboratorium yang ada di Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.

Satu transformator distribusi ini menyuplai 14 titik beban yang ada di Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang yaitu ;

- a. Gedung E1 merupakan ruang dekan, tata usaha, ruang-ruang perkuliahan.
- b. Gedung E2 merupakan ruang perkuliahan dan aula.
- c. Gedung E3 adalah laboratorium untuk jurusan Teknik Sipil.
- d. Gedung E4 adalah laboratorium untuk jurusan Teknik Sipil.
- e. Gedung E5 adalah laboratorium untuk jurusan Teknik Mesin.
- f. Gedung E6 adalah laboratorium untuk jurusan Teknik Elektro.
- g. Gedung E7 adalah laboratorium untuk jurusan Teknologi Jasa dan Produksi.
- h. Gedung E8 adalah laboratorium untuk jurusan Teknik Elektro.
- i. Gedung E9 adalah laboratorium untuk jurusan Teknik Mesin.

2. Sistem Jaringan Distribusi

Sistem jaringan yang digunakan adalah sistem jaringan radial dimana bentuk jaringannya terlihat sederhana, aliran jaringan hanya berasal dari satu arah sumber pembangkitan, sistem ini sangat rendah keandalannya karena apabila titik utama terganggu maka titik cabang pun akan terganggu.

Dilihat dari kondisi lokasi tiap titik beban yang tidak sama, penggunaan tiang untuk jaringan sudah sesuai dengan ketentuan yang ada,

baik tiang yang terbuat dari bahan besi maupun dari bahan beton akan tetapi ada titik yang tidak memanfaatkan tiang jaringan sebagai penyangga penghantar udara misalnya pada tiang UN.T.1.I-2.a.1, tepatnya tiang terbuat dari bahan beton yang berfungsi sebagai penyangga atau penopang jaringan hanya difungsikan sebagai tiang penerangan saja.

3. Penghantar Jaringan

Pada sistem jaringan distribusi tegangan rendah ini digunakan kawat pilin udara berisolasi berjumlah empat kawat, dimana tiga kawat dipergunakan untuk tegangan tiga fasa sedang satu lagi kawat penghantar untuk kawat nol dan jenis kawat pilin udara berisolasi yang digunakan adalah jenis NFA2X-T yaitu kawat pilin udara berpenghantar aluminium berisolasi XLPE dan ini sudah sesuai dengan PUIL 2000.

Jarak antara penghantar udara dengan tanah, jarak antar titik tumpu sudah sesuai dengan PUIL 2000.

Berdasarkan hasil pengamatan didapat bahwa beban tiap fasa pada gedung E3 tidakimbang yaitu ; untuk fasa R 4.473 Watt, fasa S 3.692 Watt dan T 11.508 Watt, demikian juga dengan beban pada gedung E9 yang tidakimbang yaitu ; untuk fasa R 2.800 Watt, fasa S 3.495 Watt dan T 7.970 Watt, oleh karena itu besarnya penampang kawat saluran udara yang terpasang menggunakan kawat pilin udara berpenghantar aluminium berisolasi XLPE sudah sesuai dengan standart yang ditentukan yaitu ;

- 1) Untuk kawat penghantar jenis NFA2X-T dengan besar penampang nominal $3 \times 25 + 25 \text{ mm}^2$ dengan Kemampuan Hantar Arus (KHA) sebesar 103 A.
- 2) Untuk kawat penghantar jenis NFA2X-T dengan besar penampang nominal $3 \times 50 + 35 \text{ mm}^2$ dengan Kemampuan Hantar Arus (KHA) sebesar 154 A.

Dengan jumlah beban yang terpasang di Fakultas Teknik, penghantar jenis NFA2X-T dengan besar penampang nominal $3 \times 50 + 35 \text{ mm}^2$ dari transformator distribusi menuju titik cabang beban tidak memenuhi standar yang berlaku.

Penggunaan kawat penghantar udara berisolasi dipasang pada dinding bangunan tidak sesuai dengan PUIL 2000 karena pada pasal 7.16.8.1 menjelaskan “kabel udara yang dipasang pada dinding tembok bangunan harus berjarak tetap sekurang-kurangnya 5 cm terhadap bangunan itu”.

Sedang untuk penghubung papan bagi kabel tanah berisolasi dan berselubung termoplastik sudah sesuai dengan ketentuan yang ada dalam hal ini adalah Kabel tanah jenis NYY dengan kemampuan Hantar Arus terlampir.

Sambungan pada tiap penghantar cukup baik hal ini terlihat cara menyambung penghantar yaitu dengan cara menjepit, sehingga hubungan tersebut tidak akan mengendur atau menjadi terlalu panas dalam keadaan kerja normal, dan untuk sambungan bersama penyambungan penghantar

dilakukan dengan menjepit penghantar tanpa menyebabkan terpotongnya kawat penghantar. (PUIL 2000 hal :259)

4. Sistem Pengamanan Distribusi

Pada jaringan distribusi tegangan rendah yang ada di fakultas teknik universitas negeri semarang pengamanan untuk jaringan distribusi adalah dengan menggunakan arrester dan *fuse cut out*.

Untuk pengamanan transformator sekunder dilayani oleh pemutus jaringan dan sekaligus sebagai pengaman arus lebih yaitu MCB yang terpasang di panel trafo, besarnya MCB yang terpasang adalah sebesar 125 A.

5. Analisis Ketersediaan Daya dan Keandalan

a. Data Transformator dan CB

	λ_a (kegagalan/tahun)	λ_p (kegagalan/tahun)	r (jam)
Trafo FT	0.013	0.1524	367
CB	0.0176	0.1524	44.5

Dari tabel diatas dapat dicari ketersediaan dari

Trafo FT

$$\begin{aligned}
 A &= 1 - \left(\frac{\lambda r}{8760} \right) \\
 &= 1 - \left(\frac{(0,013 + 0,1524) \cdot 367}{8760} \right) \\
 &= 1 - 6,88 \cdot 10^{-3} \\
 &= 0,993
 \end{aligned}$$

CB

$$\begin{aligned}
 A &= 1 - \left(\frac{\lambda r}{8760} \right) \\
 &= 1 - \left(\frac{(0,0176 + 0,1524) \cdot 44,5}{8760} \right) \\
 &= 1 - 8,6269 \cdot 10^{-4} \\
 &= 0,9991
 \end{aligned}$$

b. Data Cb

	λ_a (kegagalan/tahun)	λ_p (kegagalan/tahun)	r (jam)
CB 1	0.0035	0.3047	4
CB 2	0.0035	0.3047	4
CB 3	0.0035	0.3047	4
CB 4	0.0035	0.3047	4
CB 5	0.0035	0.3047	4
CB 6	0.0035	0.3047	4
CB 7	0.0035	0.3047	4
CB 8	0.0035	0.3047	4
CB 9	0.0035	0.3047	4

Dari tabel diatas dapat dicari ketersediaan dari setiap CB

$$\begin{aligned}
 A &= 1 - \left(\frac{\lambda r}{8760} \right) \\
 &= 1 - \left(\frac{(0,0035 + 0,3047) \cdot 4}{8760} \right) \\
 &= 1 - 1,4 \cdot 10^{-4} \\
 &= 0,9998
 \end{aligned}$$

c. Data Penghantar

	λ_a (kegagalan/tahun)	λ_p (kegagalan/tahun)	r (jam)
Kabel 1	0.0004	0.1524	20.8
Kabel 2	0.0004	0.1524	20.8
Kabel 3	0.0004	0.1524	20.8
Kabel 4	0.0004	0.1524	20.8
Kabel 5	0.0004	0.1524	20.8
Kabel 6	0.0004	0.1524	20.8
Kabel 7	0.0004	0.1524	20.8
Kabel 8	0.0004	0.1524	20.8
Kabel 9	0.0004	0.1524	20.8
Kabel 10	0.0004	0.1524	20.8
Kabel 11	0.0004	0.1524	20.8
Kabel 12	0.0004	0.1524	20.8
Kabel 13	0.0004	0.1524	20.8

Dari tabel diatas dapat dicari ketersediaan dari setiap kabel

$$\begin{aligned}
 A &= 1 - \left(\frac{\lambda r}{8760} \right) \\
 &= 1 - \left(\frac{(0,0004 + 0,1524) \cdot 20,8}{8760} \right) \\
 &= 1 - 3,6281 \cdot 10^{-4} \\
 &= 0,9996
 \end{aligned}$$

d. Data di tiap bus

	λ (kegagalan/tahun)	r (jam)
Bus 1	0.001	2
Bus 2	0.001	2
Bus 3	0.001	2
Bus 4	0.001	2
Bus 5	0.001	2

Dari tabel diatas dapat dicari ketersediaan dari setiap bus

$$\begin{aligned}
 A &= 1 - \left(\frac{\lambda r}{8760} \right) \\
 &= 1 - \left(\frac{0,001.2}{8760} \right) \\
 &= 1 - 2,2831.10^{-7} \\
 &= 0,9999
 \end{aligned}$$

e. Titik Beban

Gedung	λ (kegagalan/tahun)	r (jam)
Gedung E1 (R. Dekan, TU, R. Perkuliahan)	0.02	50
Gedung E2 (R. Perkuliahan dan Aula)	0.02	50
Gedung E3 (Lab. Teknik Sipil)	0.02	50
Gedung E4 (Lab. Teknik Sipil)	0.02	50
Gedung E5 (Lab. Teknik Mesin)	0.02	50
Gedung E6 (Lab. Teknik Elektro)	0.02	50
Gedung E7 (Lab. TJP)	0.02	50
Gedung E8 (Lab. Teknik Elektro)	0.02	50
Gedung E9 (Lab. Teknik Mesin)	0.02	50

Dari tabel diatas dapat dicari ketersediaan dari setiap titik beban

$$\begin{aligned}
 A &= 1 - \left(\frac{\lambda r}{8760} \right) \\
 &= 1 - \left(\frac{0,02.50}{8760} \right) \\
 &= 1 - 1,1414.10^{-4} \\
 &= 0,9998
 \end{aligned}$$

Dari data perhitungan diatas dapat dicari keandalan dari masing-masing komponen

$$R_1 = 0,993.0,9991.0,9996.0,9999.0,9996.0,9999.0,9996.0,9998.0,9998 \\ = 0,9903$$

$$R_2 = 0,993.0,9991.0,9996.0,9999.0,9996.0,9998.0,9998 \\ = 0,9908$$

$$R_3 = 0,993.0,9991.0,9996.0,9999.0,9996.0,9999.0,9996.0,9998.0,9998 \\ = 0,9903$$

$$R_4 = 0,993.0,9991.0,9996.0,9999.0,9996.0,9999.0,9996.0,9999.0,9996. \\ 0,9998 \\ = 0,9898$$

$$R_5 = 0,993.0,9991.0,9996.0,9999.0,9996.0,9999.0,9996.0,9998.0,9998 \\ = 0,9903$$

Maka keandalan sistem distribusi secara keseluruhan

$$R_{sys} = R_1.R_2.R_3.R_4.R_5 \\ = 0,9903.0,9908.0,9903.0,9898.0,9903 \\ = 0,9524$$

Keandalan sistem jaringan ini termasuk rendah karena jaringan ini disupply hanya dengan sebuah sistem transmisi tunggal (*single* sirkuit) apabila ada gangguan di saluran utama maka akan terganggu semua pada titik cabang saluran dan apabila ada perbaikan di titik cabang maka harus memutuskan saluran utamanya.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. KESIMPULAN

Dari hasil analisa data pada penelitian ini dapat diambil kesimpulan bahwa sistem jaringan distribusi tegangan rendah di Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang ada beberapa penyimpangan dalam pembebanan yaitu tidak seimbang beban pada tiap gedung yang ada di Fakultas Teknik. Adapun indikatornya dapat diketahui dari hasil pengamatan dengan urutan sebagai berikut :

1. Transformator distribusi sudah dapat menyuplai semua beban yang ada di fakultas teknik Universitas Negeri Semarang dengan daya 100 KVA yaitu semua gedung yang ada lingkungan Fakultas Teknik sejumlah 14 titik.
2. Jumlah beban keseluruhan di Fakultas Teknik untuk perhitungan tiap fasa adalah sebagai berikut :
 - a. Untuk fasa R, beban terhitung adalah sebesar : 68.308 Watt
 - b. Untuk fasa S, beban terhitung adalah sebesar : 46.482 Watt
 - c. Untuk fasa T, beban terhitung adalah sebesar : 70.382 WattSehingga jumlah beban keseluruhan menjadi 185.172 Watt.
3. Penghantar udara yang digunakan adalah kawat pilin udara jenis NFA2X-T yaitu kawat penghantar aluminium dengan isolasi dari bahan XLPE dengan tali penggantung dari baja.

4. Kemampuan hantar arus untuk penghantar jaringan sudah sesuai dengan standar yang ditetapkan yaitu PUIL 2000, dengan ketentuan sebagai berikut :
 - a. Beban tiap fasa gedung E3 yaitu; untuk fasa R 4.473 Watt, fasa S 3.692 Watt dan fasa T 11.508 Watt, maka untuk penampang nominal $3 \times 25 + 25 \text{ mm}^2$ sudah sesuai dengan Kemampuan Hantar Arus (KHA) sebesar 103 A.
 - b. Beban tiap fasa gedung E9 yaitu ; untuk fasa R 2.800 Watt, fasa S 3.495 Watt dan fasa T 7.970 Watt, maka untuk penampang nominal $3 \times 50 + 35 \text{ mm}^2$ sudah sesuai dengan Kemampuan Hantar Arus (KHA) sebesar 154 A
5. Pengamanan jaringan distribusi tegangan rendah terhadap tegangan lebih dengan menggunakan Arrester, sedang untuk melindungi terhadap arus lebih adalah *Fuse Cut out*.
6. Keandalan sistem jaringan distribusi di fakultas teknik Universitas Negeri Semarang terhitung sebesar 0,9524.

B. SARAN

Berdasarkan kesimpulan penelitian, maka saran-saran yang diajukan dalam penelitian ini adalah :

1. Agar masa yang akan datang pihak universitas dapat memperhatikan dari karakteristik dan kapasitas transformator serta besarnya penampang penghantar yang digunakan, sehingga proses pembebanan atau penyaluran energi listrik bahkan dapat dijadikan acuan untuk perencanaan atau pengembangan gedung dan penambahan daya yang sesuai dengan kebutuhan di lingkungan Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.

2. Perlu diadakan penelitian untuk beban yang terpasang sehingga akan mudah diketahui karakteristik dan kemampuan jaringan dalam melayani beban tersebut.

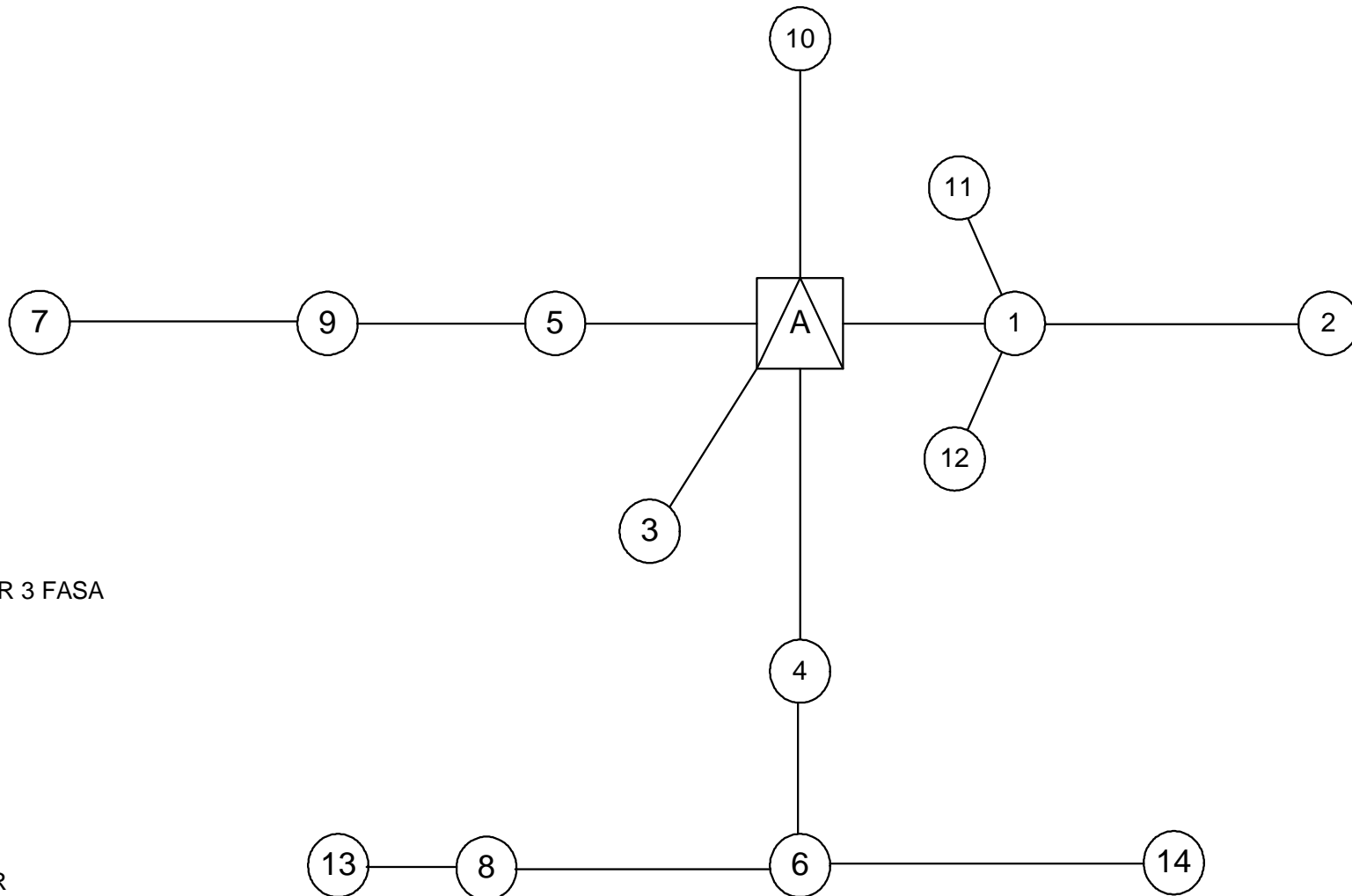
DAFTAR PUSTAKA

- Abdul Kadir. 2000. **Distribusi Dan Utilisasi Tenaga Listrik**. Jakarta : UI Press.
- BSN. 2000. **Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2000**. Jakarta : Yayasan PUIL.
- Sariadi. 1999. **Jaringan Distribusi Listrik**. Bandung : Angkasa Bandung.
- Sudjana. 2002. **Metoda Statistika**. Bandung : Tarsito.
- Sulasno. 2001. **Teknik Dan System Distribusi Tenaga Listrik**. Semarang :
Badan Penerbit UNDIP.
- Suryatmo F. 2002. **Teknik Listrik Instalasi Penerangan**. Jakarta : Rineka Cipta.
- Van Harten P. 2001. **Instalasi Listrik Arus Kuat 1**. Trimitra Mandiri.
- Zan Scbotsman. 1993. **Instalasi**. Jakarta : Erlangga.
- Zuhal. 1993. **Dasar Teknik Tenaga Listrik Dan Elektronika Daya**. Jakarta :
Gramedia.
- Gonen Turan. 1986. **Electric Power Distribution System Engineering**.
McGraw-Hill Book Company.

LAMPIRAN-LAMPIRAN

SISTEM JARINGAN DISTRIBUSI

FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

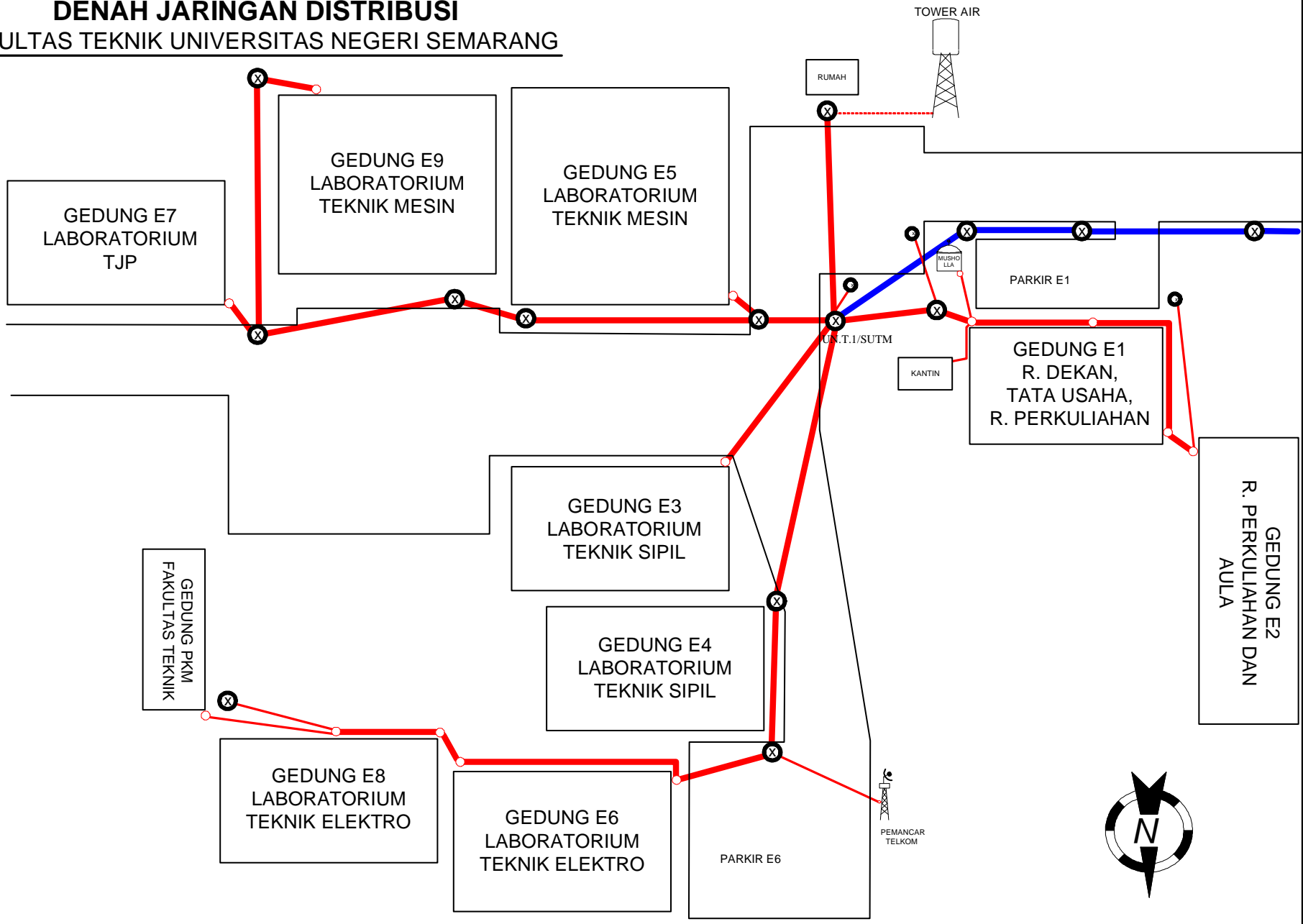


KETERANGAN :

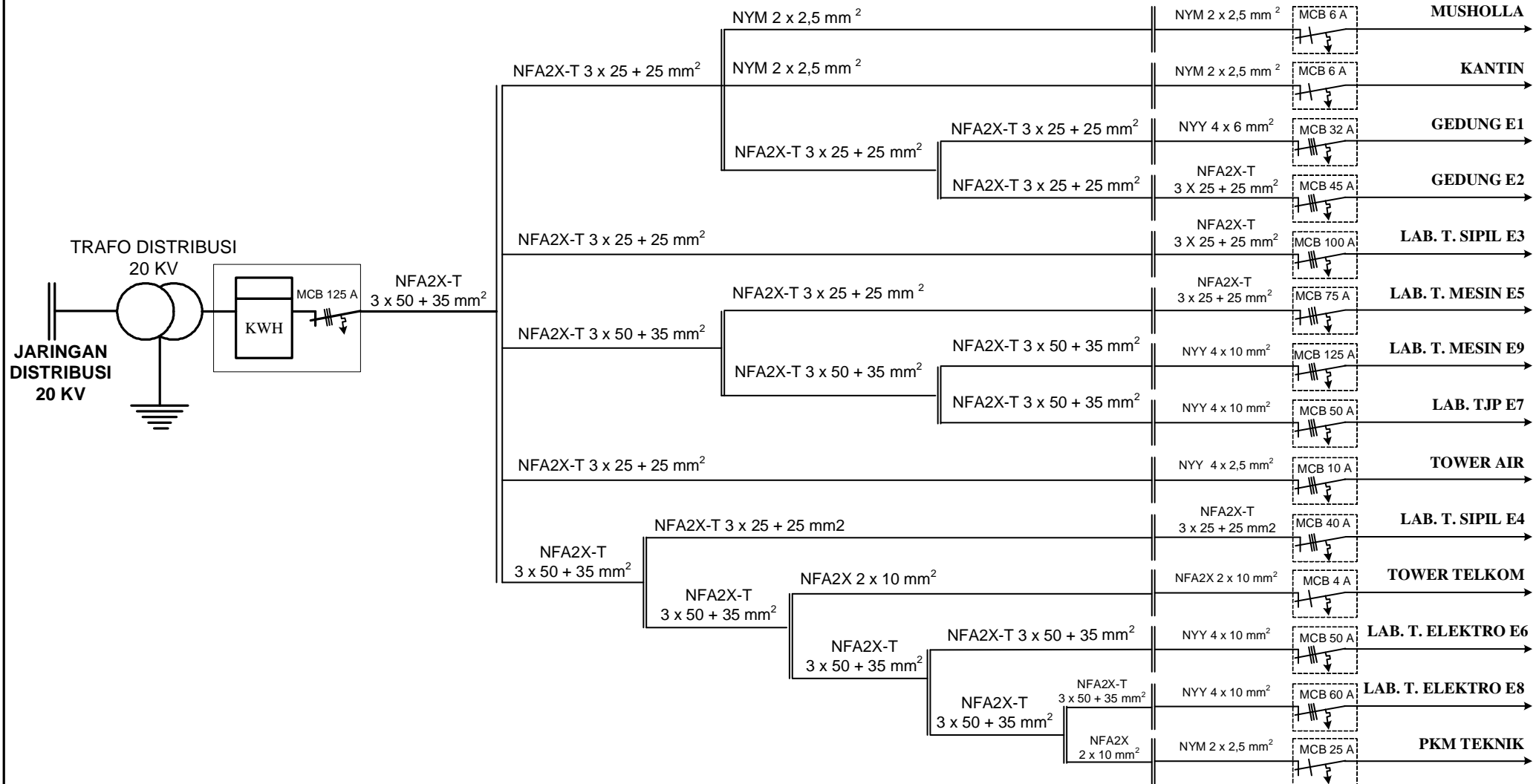
A. TRANSFORMATOR 3 FASA

1. TITIK GEDUNG E1
2. TITIK GEDUNG E2
3. TITIK GEDUNG E3
4. TITIK GEDUNG E4
5. TITIK GEDUNG E5
6. TITIK GEDUNG E6
7. TITIK GEDUNG E7
8. TITIK GEDUNG E8
9. TITIK GEDUNG E9
10. TITIK TOWER AIR
11. MUSHOLLA
12. KANTIN
13. GEDUNG PKM
14. TOWER TELKOM

DENAH JARINGAN DISTRIBUSI FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG



GAMBAR PEMBAGIAN JARINGAN DAN PEMBASTAS ARUS DI FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG



Tabel 1. Daftar konstruksi dan penggunaan kabel tanah berisolasi dan berselubung termoplastik.

No	Nama kabel tanah	Normenklatur	Tegangan nominal	Jumlah inti	Luas penampang nominal mm ²	Perlindungan/ penghantar konsentris	Penggunaan utama	Penggunaan dengan batasan
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Kabel tanah berisolasi dan berselubung termoplastik	NY Y	0,6/1 (1,2) 3,6/6 (7,2)	1 ... 4 3	1,5 400 2,5 400	Tanpa	Kabel tenaga : Di dalam ruang, saluran kabel, dan di alam terbuka, untuk mesin tenaga, lemari penghubung, instalasi industri bila diharapkan tidak terjadi kerusakan mekanis.	Dalam tanah dengan pelindung bila diperhitungkan kemungkinan terjadi kerukan mekanis. Dengan NAY Y disyaratkan tindakan pengamanan khusus
		NAY Y	0,6/1 (1,2) 3,6/6 (7,2)	1 ... 4 3	25 400 35 400			
2	Kabel tanah berisolasi dan berselubung termoplastik dengan perisai pita baja	NYBY	Sda	2 4 3 dan 4 3 dan 4	4 400 25 400 25 400	Dobel perisai pita baja yang digalvaniskan	Di dalam ruang, saluran kabel, dan di dalam tanah untuk instalasi industri dan lemari penghubung, serta untuk mesin tenaga bila mungkin terdapat gangguan mekanis ringan	Dalam penggelarannya harus diperhatikan agar kabel tanah ini tidak mengalami tarikan-tarikan yang berlebihan atas pengaruhnya.
		NAYBY		2 4 3 dan 4 N 4 1	25 400 35 400 35 400 10 400	Dobel perisai pita aluminium		
3	Kabel tanah berisolasi dan berselubung termoplastik dengan perisai kawat baja	NYFGbY NYRGbY	Sda	2 4 3 dan 4 3 dan 4	1,5 400 25 400 25 400	Perisai kawat baja bundar atau pipih yang digalvaniskan	NYFGbY dan NAYFGbY : di dalam ruang, saluran kabel dan didalam terbuka, dan di dalam tanah untuk mesin tenaga, untuk instalasi industri dan lemari penghubung, bila diharapkan terjadi gangguan mekanis sedang.	NYFGbY dan NAYFGbY : di dalam air dan sungai, bila tidak akan terjadi gangguan gaya tarik mekanis
		NAYFGbY NAYRGbY		2 4 3 dan 4 3 dan 4	25 400 35 400 35 400			

(Sumber : SNI, Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2000, hal : 285)

Tabel 2. Kabel udara.

No	Jenis kabel	Normenklatur	Tegangan pengenal KV	Jumlah inti	Luas penampang nominal mm ²	Contoh Penggunaan
1	2	3	4	5	6	7
1	Kabel udara berselubung termoplastik dengan tali penggantung baja	NYM-T	0,3 / 0,5 (0,4)	2 .. 5	1,5 ... 35	Sebagai penghantar udara di luar bangunan
2	Kabel udara berisolasi termoplastik dengan penguat kawat penggantung, berselubung termoplastik	NYMZ	0,3 / 0,5 (0,4)	2 .. 5	1,5 ... 16	s.d.a
3	Kabel udara berpenghantar tembaga keras dengan isolasi termoplastik	NFYM	0,6 / 1 (1,2)	1	6 ... 50	s.d.a
4	Kabel pilin udara berpenghantar tembaga atau aluminium berisolasi PVC	NFY NFAY	0,6 / 1 (1,2)	2	Cu : 6 – 25 Al : 10 – 25	s.d.a
5	Kabel pilin udara berpenghantar tembaga atau aluminium berisolasi XLPE	NF2X NFA2X	0,6 / 1 (1,2)	2 .. 6	Cu : 6 – 25 Al : 35 – 120	s.d.a
6	Kabel pilin udara berpenghantar tembaga atau aluminium berisolasi XLPE dengan tali penggantung baja	NFA2XSEY-T	3,6 / 6 (7,2) 6 / 10 (12) 8,75/15 (17,5) 12/20 (24) 18/30 (35)	3 .. 4	Al : 35 – 120	s.d.a

(Sumber : SNI, Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2000, hal : 299)

Tabel 3. KHA terus menerus untuk kabel tanah berinti tunggal, berpenghantar tembaga, berisolasi dan berselubung PVC, dipasang pada sistem a.s. dengan tegangan kerja maksimum 1,8 kV;serta untuk kabel tanah berinti dua, tiga dan empat berpenghantar tembaga, berisolasi dan berselubung PVC yang dipasang pada sistem a.b. fasa dengan tegangan pengenal 0,6/1 kV (1,2 kV), pada suhu keliling 30 °C.

Jenis kabel	Luas penampang mm ²	KHA terus menerus					
		Berinti tunggal		Berinti dua		Berinti tiga dan empat	
		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
NYY NYBY NYFGbY NYRGbY NYCY NYCWY NYSY NYCEY NYSEY NYHSY NYKY NYKBY NYKFGbY NYKRGbY	1,5	40	26	31	20	26	18,5
	2,5	54	35	41	27	34	25
	4	70	46	54	37	44	34
	6	90	58	68	48	56	43
	10	122	79	92	66	75	60
	16	160	105	121	89	98	80
	25	206	140	153	118	128	106
	35	249	174	187	145	157	131
	50	296	212	222	176	185	159
	70	365	269	272	224	228	202
	95	438	331	328	271	275	244
	120	499	386	375	314	313	282
	150	561	442	419	361	353	324
	185	637	511	475	412	399	371
	240	743	612	550	484	464	436
300	843	707	525	590	524	481	
400	986	859	605	710	600	560	
500	1125	1000	-	-	-	-	

(Sumber : SNI, Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2000, hal : 304)

Tabel 4. KHA terus menerus untuk kabel pilin udara berpenghantar alumunium atau tembaga, berisolasi XLPE atau PVC dengan tegangan pengenal 0,6/1 kV (1,2 kV), untuk saluran tegangan rendah dan saluran pelayanan, pada suhu keliling maksimum 30 °C.

Jenis kabel	Luas penampang Mm ²	KHA terus menerus	Penggunaan		
1	2	3	4		
NFA2X	2 x 25 + 25	103	Salurantegangan rendah		
	2 x 35 + 25	125			
	2 x 50 + 35	154			
	2 x 70 + 50	196			
	2 x 95 + 70	242			
	3 x 25 + 25	S.d.a			
	3 x 35 + 25				
	3 x 50 + 35				
	3 x 70 + 50				
	3 x 95 + 70				
	3 x 25 + 25 + 2 x 16	S.d.a			
	3 x 35 + 25 + 2 x 16				
	3 x 50 + 35 + 2 x 16				
	3 x 70 + 50 + 2 x 16				
	3 x 95 + 70 + 2 x 16				
NFA2X	2 x 10 re	54	Saluran pelayanan		
	2 x 10 rm	54			
	2 x 16 rm	72			
	4 x 10 re	54			
	4 x 10 rm	54			
	4 x 16 rm	72			
	4 x 25 rm	102			
	2 x 6 re	54			
	2 x 6 rm	54			
	2 x 10 re	73			
	2 x 10 rm	73			
	2 x 16 rm	97			
	4 x 6 re	54			
	4 x 6 rm	54			
	4 x 10 re	73			
	4 x 10 rm	73			
	4 x 16 rm	97			
	4 x 25 rm	133			
	NFAY	2 x 10 re		42	
		2 x 10 rm		42	
2 x 16 rm		58			
4 x 10 re		42			
4 x 10 rm		42			
4 x 16 rm		58			
4 x 25 rm	75				
NFY	2 x 6 re	42			
	2 x 6 rm	42			
	2 x 10 re	60			
	2 x 10 rm	60			
	4 x 6 re	42			
	4 x 6 rm	42			
	4 x 10 re	60			
	4 x 10 rm	60			
	4 x 16 rm	75			
4 x 25 rm	107				

(Sumber : SNI, Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2000, hal : 317)

Tabel 5. KHA terus menerus untuk kabel instalasi berisolasi dan berselubung PVC dengan penghantar tembaga (NYM dan sebagainya) dan kabel fleksibel serta pengamannya, pada suhu keliling maksimum 30 °C dengan suhu penghantar maksimum 70 °C.

1	2	3
LUAS PENAMPANG NOMINAL KABEL	KEMAMPUAN HANTAR ARUS MAKSIMUM KABEL	KEMAMPUAN HANTAR ARUS NOMINAL MAKSIMUM PENGAMAN
mm ²	A	A
1,5	19	20
2,5	25	25
4	34	35
6	44	50
10	61	63
16	82	80
25	108	100
35	134	125
50	167	160
70	207	224
95	249	250
120	291	300
150	334	355
185	380	355
240	450	425
300	520	500

(Sumber : SNI, Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2000, hal : 303)

Tabel 6. Luas Penampang nominal terkecil kabel dan penghantar udara

No.	Macam kabel dan penghantar udara	Luas minimum penampang nominal mm ²
1.	Kabel udara berisolasi PVC jenis NYM-T dan NYMZ	1,5
2.	Kabel udara berisolasi PVC jenis NFYM	6
3.	Kabel pilin udara berisolasi PVC atau XLPE	
	- penghantar tembaga	6
	- penghantar aluminium	10
4.	Penghantar udara tembaga telanjang misal BCC	6
5.	Penghantar udara tembaga telanjang misal AAC	16
6.	Penghantar udara tembaga telanjang misal AAAC	16

(Sumber : SNI, Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2000, hal : 356)

Tabel 7. Jarak minimum antara penghantar udara dan tanah diukur dari titik lendutan terendah terhadap tanah.

No.	Lokasi pemasangan	Penghantar udara telanjang	Penghantar udara berisolasi
		Jarak minimum terhadap tanah m	
1	2	3	4
1.	Bukan jalan umum	5	4
2.	Halaman rumah	5	3

(Sumber : SNI, Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2000, hal : 357)

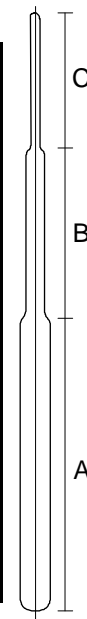
Tabel 8. Jarak maksimum antara dua titi tumpu penghantar udara (untuk Jaringan Tegangan Rendah dan Menengah)

No.	Cara pemasangan	Jarak maksimum m
1	2	3
1.	Antara tiang jaringan umum dan atau titik tumpu penghantar bangunan	30
2.	Antara tiang jaringan bangunan lain (maksimum 5 bangunan berderet)	30

(Sumber : SNI, Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2000, hal : 357)

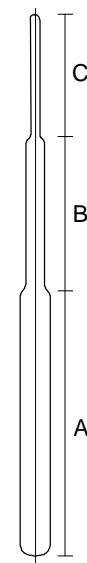
Tabel 9. Spesifikasi tiang besi panjang 8 m

Beban kerja (daN)		100	200	350	500	800	1200
Diameter bagian-bagian tiang (mm)	C	-	114,3	-	-	-	-
	B	-	165,2	-	-	-	-
	A	-	190,7	-	-	-	-
Tebal pipa (mm)	C	-	4,5	-	-	-	-
	B	-	4,5	-	-	-	-
	A	-	5	-	-	-	-
Panjang bagian-bagian (mm)	C	-	2000	-	-	-	-
	B	-	2000	-	-	-	-
	A	-	4000	-	-	-	-
Lenturan pada beban kerja (mm)	-	108	-	-	-	-	
Tebal selongsong (mm)	-	5	-	-	-	-	
Panjang selongsong (mm)	-	600	-	-	-	-	
Berat tiang (kg)	-	180	-	-	-	-	



Tabel 10. Spesifikasi tiang besi panjang 9 m

Beban kerja (daN)		100	200	350	500	800	1200
Diameter bagian-bagian tiang (mm)	C	89,1	114,3	139,8	165,2	190,7	216,3
	B	114,3	139,8	190,7	216,3	267,4	267,4
	A	139,8	190,7	216,3	267,4	318,5	355,6
Tebal pipa (mm)	C	4	4,5	6	5	6	7
	B	4,5	6	6	6	6	9
	A	6	6	8	7	8	12
Panjang bagian-bagian (mm)	C	2000	2000	2000	2000	2000	2000
	B	2000	2000	2000	2000	2000	2000
	A	5000	5000	5000	5000	5000	5000
Lenturan pada beban kerja (mm)	168	131	110	96	80	65	
Tebal selongsong (mm)	6	6	8	7	8	12	
Panjang selongsong (mm)	600	600	600	600	600	600	
Berat tiang (kg)	162	233	233	379	508	805	



(Sumber : Jaringan Distribusi listrik 1999, hal : 79)

Tabel 11. Spesifikasi tiang besi panjang 10 m

Beban kerja (daN)		100	200	350	500	800	1200
Diameter bagian-bagian tiang (mm)	C	-	114,3	139,8	165,2	190,7	216,3
	B	-	139,8	190,7	216,3	267,4	267,4
	A	-	190,7	267,4	267,4	318,5	355,6
Tebal pipa (mm)	C	-	4,5	6	5	6	7
	B	-	6	6	6	6	9
	A	-	7	6	8	9	12
Panjang bagian-bagian (mm)	C	-	2000	2000	2000	2000	2000
	B	-	2000	2000	2000	2000	2000
	A	-	6000	6000	6000	6000	6000
Lenturan pada beban kerja (mm)		-	148	104	111	92	81
Tebal selongsong (mm)		-	7	6	8	8	12
Panjang selongsong (mm)		-	600	600	600	600	600
Berat tiang (kg)		-	289	373	465	618	907

Tabel 12. Spesifikasi tiang besi panjang 11 m

Beban kerja (daN)		100	200	350	500	800	1200
Diameter bagian-bagian tiang (mm)	C	-	114,3	165,2	190,7	216,3	267,4
	B	-	165,2	190,7	216,3	267,4	318,5
	A	-	190,7	267,4	267,4	355,6	355,6
Tebal pipa (mm)	C	-	5,6	4,5	4,5	6	6
	B	-	6	7	8	8	8
	A	-	7	7	9	8	12
Panjang bagian-bagian (mm)	C	-	2500	2500	2500	2500	2500
	B	-	2500	2500	2500	2500	2500
	A	-	6000	6000	6000	6000	6000
Lenturan pada beban kerja (mm)		-	196	144	142	108	106
Tebal selongsong (mm)		-	7	7	9	8	12
Panjang selongsong (mm)		-	600	600	600	600	600
Berat tiang (kg)		-	306	446	564	700	973

(Sumber : Jaringan Distribusi listrik 1999, hal : 80)

Tabel 13. Spesifikasi tiang besi panjang 12 m

Beban kerja (daN)		100	200	350	500	800	1200
Diameter bagian-bagian tiang (mm)	C	-	114,3	139,8	165,2	190,7	216,3
	B	-	139,8	190,7	216,3	267,4	267,4
	A	-	216,3	267,4	318,5	355,6	406,4
Tebal pipa (mm)	C	-	4,5	6	5	6	7
	B	-	6	6	6	6	9
	A	-	6	7	7	9	12
Panjang bagian-bagian (mm)	C	-	2000	2000	2000	2000	2000
	B	-	2000	2000	2000	2000	2000
	A	-	8000	8000	8000	8000	8000
Lenturan pada beban kerja (mm)		-	186	142	123	109	89
Tebal selongsong (mm)		-	6	7	7	9	12
Panjang selongsong (mm)		-	600	600	600	600	600
Berat tiang (kg)		-	347	505	590	826	1240

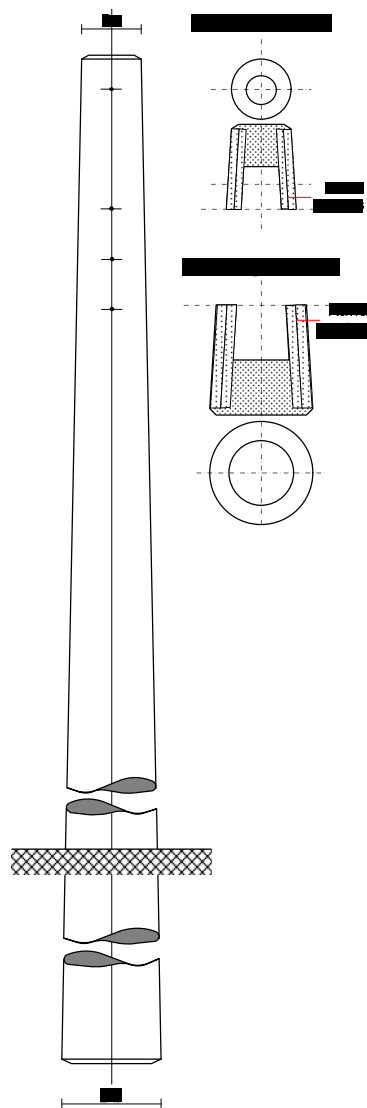
Tabel 14. Spesifikasi tiang besi panjang 15 m

Beban kerja (daN)		100	200	350	500	800	1200
Diameter bagian-bagian tiang (mm)	C	-	139,8	165,2	261,3	267,4	267,4
	B	-	190,7	216,3	267,4	318,5	355,6
	A	-	216,3	267,4	318,5	355,6	406,4
Tebal pipa (mm)	C	-	6	7	6	6	8
	B	-	6	7	7	7	9
	A	-	8	9	9	12	12
Panjang bagian-bagian (mm)	C	-	3500	3500	3500	3500	3500
	B	-	3500	3500	3500	3500	3500
	A	-	8000	8000	8000	8000	8000
Lenturan pada beban kerja (mm)		-	311	271	216	193	186
Tebal selongsong (mm)		-	8	9	9	12	12
Panjang selongsong (mm)		-	600	600	600	600	600
Berat tiang (kg)		-	542	747	895	1247	1519

(Sumber : Jaringan Distribusi listrik 1999, hal : 81)

Tabel 15. Spesifikasi tiang dari bahan beton

Tinggi Tiang (m)	Ukuran	Beban rencana (d a N)	Diameter (mm)		Tebal (mm)
			Da	Db	
9		200	165	315	42
11		200	190	337	42
11		350	190	337	50
11		500	190	337	60
13		350	190	363	50
13		500	190	363	60



(Sumber : Jaringan Distribusi listrik 1999, hal : 85)