

MILIK PERPUSTAKAAN
UNIV. NEGERI PADANG

LAPORAN PENELITIAN

ANALISIS KEANDALAN OPERASI INSTALASI TENAGA LISTRIK
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS NEGERI PADANG
DENGAN METODA DESTRUCTIVE DAN NON DESTRUCTIVE



Oleh:

Drs. Chaidir Arsyad.
Drs. Sukardi, MT
Drs. Syamsuarnis
Drs. Hambali, M.Kes

MILIK PERPUSTAKAAN UNIV. NEGERI PADANG	
DITERIMA TGL.	: 27 APRIL 2007
SUMBER HARGA	: Hd
KOLEKSI	: KI
NO. INVENTARIS	: 145/Hd/2007-a.1(1)
KLASIFIKASI	: 621.31 Ana 9.1

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI PADANG
2006

ABSTRAKSI

Drs. Chaidir Arsyad Cs (2006) : Analisis Keandalan Operasi Instalasi Tenaga listrik Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang dengan Metoda Destructive dan Non Destructive

Instalasi listrik tenaga yang ada pada Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang dibangun pada tahun 1979 telah berumur \pm 25 tahun. Jaringan instalasi tenaga menggunakan kabel tanah jenis NYFGbY dan NYY. Kampus FT – UNP berada dekat pantai di kota Padang yang berjarak \pm 300 meter. Dari beberapa penelitian terdapat korelasi antara gangguan instalasi listrik tenaga dengan umur pemakaian instalasi listrik tenaga tersebut. Penelitian yang dilakukan pada instalasi listrik tenaga FT-UNP adanya gangguan listrik dalam kelayakan dan kehandalan instalasi listrik tenaga tersebut untuk beberapa faktor penyebab gangguan. Pengamatan dilakukan terhadap faktor drop tegangan instalasi, tahanan isolasi kabel tanah, keseimbangan beban setiap fasa jaringan dan pengaruh harmonisa terhadap beban yang digunakan. Metodologi dalam pengamatan ini menggunakan pengujian destructive dan non destructive. Untuk pangujian destructive dilakukan tidak sampai merusak peralatan yang diuji. Pengambilan data menggunakan metoda sampling, sample 25% dari populasi panel 56 buah yang ada. Analisa dilakukan menggunakan standar SPLN dan PUIL 2000 untuk instalasi listrik tenaga kabel tanah, pengaruh harmonisa terhadap beban non linear menggunakan standar IEC 555 dan IEEE 519-1992. Hasil temuan dan bahasan didapat kesimpulan bahwa instalasi listrik tenaga FT-UNP drop tegangan instalasi 21,43% dari keseluruhan. Tegangan panel yang masih standar 78,57% dari keseluruhan panel dalam kondisi layak dan handal untuk dioperasikan. Tahanan isolasi $> 20 M\Omega$ sebanyak 57,14% dan $< 20 M\Omega$ sebanyak 42,86%. Pendistribusian beban tidak seimbang 64,28% dan seimbang 35,72%. Pengaruh harmonisa jaringan terhadap gelombang tegangan 3,63% dan gelombang arus berkisar 9,47 s.d 78,04%. Disarankan untuk instalasi listrik tenaga FT-UNP dilakukan pengecekan pada setiap panel dalam hal ini seperti disconnecting switch, fuse/thermal relay, start/stop pushbutton, manual circuit breaker, magnetic contactor dan pilot lights..

KATA PENGANTAR

Pertama-tama puji syukur kami panjatkan do'a ke hadirat Allah SWT berkat rahmat dan hidayahNya, akhirnya kami dapat melaksanakan penelitian yang berjudul Analisis Keandalan Operasi Instalasi Tenaga Listrik Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang Dengan Metoda Destructive Dan Non Destructive.

Instalasi Tenaga listrik merupakan suatu saluran energi listrik ketempat-tempat pemakaian yang sesuai kemampuan saluran untuk melayani beban listrik. Keperluan energi listrik tidak saja untuk kebutuhan yang rutin, tetapi keberadaannya mampu mendukung tumbuhnya pendidikan kejuruan maupun industri yang dapat menyerap tenaga kerja.

FT-UNP adalah suatu lembaga pendidikan bidang teknologi dimana sumber energi listrik sangat menunjang dalam proses belajar mengajar, terutama sekali di labotorium / workshop. Dalam proses belajar mengajar dapat berjalan dengan baik, salah satu factor sumber energi listrik. Bila terganggunya sumber energi listrik juga akan terganggunya proses belajar mengajar di labor atau workshop.

Untuk dapat menyalurkan energi listrik dari pusat pembangkit sampai kepemakai diperlukan saluran energi listrik yang biasa disebut instalasi listrik. Instalasi listrik yang ada sekarang ini di FT-UNP telah berusia ± 25 Tahun (sejak 1979) dan ditemui beberapa gangguan seperti matinya listrik tiba-tiba. Dalam kondisi yang demikian kami meneliti factor yang menyebabkan gangguan seperti drop tegangan instalasi, tahanan isolasi kabel tanah, keseimbangan beban setiap fasa jaringan dan pengaruh harmonisa terhadap beban yang digunakan.

Terlaksananya penelitian ini mulai dari persiapan instrument, pengambilan data, analisa, diskusi sampai penulisan laporan yang tentunya tidak terlepas dari bantuan teman-teman sejawat dan dorongan dari semua pihak. Ucapan terima kasih kami sampaikan kepada Dekan FT-UNP, Pembantu-pembantu Dekan FT-UNP sampai ke Jurusan Elektro, yang telah mengizinkan penelitian ini untuk dilaksanakan dan bantuan dalam berbagai bentuk.

Akhirnya kami berharap laporan penelitian ada manfaat untuk kemajuan ilmu pengetahuan serta kami mohon saran dan keritikan yang membangun demi kesempurnaan laporan ini, terima kasih.

Padang, 25 Mei 2006

Penulis

DAFTAR ISI

ABSTRAK	Hal
KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	ii
DAFTAR TABEL	iii
DAFTAR GRAFIK	iv
DAFTAR LAMPIRAN GAMBAR DAN SPEKTRUM	v
BAB I. PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang	1
B. Perumusan Masalah	3
C. Tujuan	4
D. Manfaat	4
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	
A. Gangguan Jaringan Distribusi Tenaga Listrik	5
B. Tahanan Isolasi Kabel Tanah.	5
C. Drop Tegangan Pada Jaringan Tenaga Listrik	6
D. Hubungan Singkat Jaringan Distribusi Tenaga Listrik	8
E. Distorsi Tegangan Dan Arus Pada Jaringan Distribusi Tenaga Listrik.	10
BAB III. METODOLOGI DAN ANALISA DATA	
A. Metode Penelitian	13
1. Populasi	13
2. Sampel	13
B. Teknik Pengukuran Dan Pengujian	14
C. Teknik Pengumpulan Data	15
BAB IV. TEMUAN DAN BAHASAN	
A. Panel LVMDP (Panel Utama Distribusi Tenaga Listrik)	17
B. Panel CDC1 (Sub Panel Distribusi Tenaga Listrik Blok Building)	22
C. Panel CDC2 (Sub Panel Distribusi Tenaga Listrik Blok Elektro)	25
D. Panel LP-E (Sub Panel Distribusi Tenaga Listrik Blok Building)	28
E. Panel PP-WT (Sub Panel Distribusi Tenaga Listrik Pompa Air FT-UNP)	31
F. Panel LP-A (Sub Panel Distribusi Tenaga Listrik Blok Mechanical)	34
G. Panel LP-C (Sub Panel Distribusi Tenaga Listrik Labor/Elektro)	36
H. Panel LP-M (Sub Panel Distribusi Tenaga Listrik MRC/Rumah Rektor)	40
I. Panel PP-GA (Sub Panel Distribusi Tenaga Listrik Labor/Automotiv)	43
J. Panel PP-IB (Sub Panel Distribusi Tenaga Listrik Workshop Listrik)	46
K. Panel PP-ID (Sub Panel Distribusi Tenaga Listrik Kontro/Komputer)	49
L. Panel PP-HA (Sub Panel Distribusi Tenaga Listrik Peabriksi/Mesin)	52
M. Panel PP-CU2 (Sub Panel Distribusi Tenaga Listrik Kantor Fakultas Teknik)	55
N. Panel PP-A/EA (Sub Panel Distribusi Tenaga Listrik Labor Blok Building)	58
BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN	
A. Kesimpulan	61
B. Saran	62
PERPUSTAKAAN	63

DAFTAR TABEL

	Hal
1. Tabel 2.1 Standar IEC 555 / IEEE –519-1992.	12
2. Tabel 3.2 Sampel Penelitian Keandalan Instalasi Tenaga Listrik.	13
3. Tabel 4.3 Tegangan Drop Sistem Distribusi Daya Panel LVMDP	17
4. Tabel 4.4 Tegangan Drop Sistem Distribusi Daya Panel CDC1	22
5. Tabel 4.5 Tegangan Drop Sistem Distribusi Daya Panel CDC2	25
6. Tabel 4.6 Tegangan Drop Sistem Distribusi Daya Panel LP-E	28
7. Tabel 4.7 Tegangan Drop Sistem Distribusi Daya Panel PP-WT	31
8. Tabel 4.8 Tegangan Drop Sistem Distribusi Daya Panel LP-A	34
9. Tabel 4.9 Tegangan Drop Sistem Distribusi Daya Panel LP-C	37
10. Tabel 4.10 Tegangan Drop Sistem Distribusi Daya Panel LP-M	40
11. Tabel 4.11 Tegangan Drop Sistem Distribusi Daya Panel PP-GA	43
12. Tabel 4.12 Tegangan Drop Sistem Distribusi Daya Panel PP-IB	46
13. Tabel 4.13 Tegangan Drop Sistem Distribusi Daya Panel PP-ID	49
14. Tabel 4.14 Tegangan Drop Sistem Distribusi Daya Panel PP-HA	52
15. Tabel 4.15 Tegangan Drop Sistem Distribusi Daya Panel PP-CU2	55
16. Tabel 4.16 Tegangan Drop Sistem Distribusi Daya Panel LP-A/EA	58
17. Tabel 4.17 Hasil Pengukuran Isolasi Kabel.	18
18. Tabel 4.18 Hasil Pengukuran Keseimbangan Beban Pada Panel	19
19. Tabel 4.19 Perbandingan Daya Terpasang Dan Daya Terpakai.....	20
20. Tabel 4.20 Panel LVMDP Data Hasil Pengukuran Dengan Fluke 41 B.....	21
21. Tabel 4.21 Panel CDC1 Data Hasil Pengukuran Dengan Fluke 41 B.....	24
22. Tabel 4.22 Panel CDC2 Data Hasil Pengukuran Dengan Fluke 41 B.....	27
23. Tabel 4.23 Panel LP-E Data Hasil Pengukuran Dengan Fluke 41 B.....	30
24. Tabel 4.24 Panel PP-WT Data Hasil Pengukuran Dengan Fluke 41 B.....	32
25. Tabel 4.25 Panel LP-A Data Hasil Pengukuran Dengan Fluke 41 B.....	35
26. Tabel 4.26 Panel LP-C Data Hasil Pengukuran Dengan Fluke 41 B.....	38
27. Tabel 4.27 Panel LP-M Data Hasil Pengukuran Dengan Fluke 41 B.....	42
28. Tabel 4.28 Panel PP-GA Data Hasil Pengukuran Dengan Fluke 41 B.....	45
29. Tabel 4.29 Panel PP-IB Data Hasil Pengukuran Dengan Fluke 41 B.....	48
30. Tabel 4.30 Panel PP-ID Data Hasil Pengukuran Dengan Fluke 41 B.....	51
31. Tabel 4.31 Panel PP-HA Data Hasil Pengukuran Dengan Fluke 41 B.....	54
32. Tabel 4.32 Panel PP-CU2 Data Hasil Pengukuran Dengan Fluke 41 B.....	56
33. Tabel 4.33 Panel PP-A/EA Data Hasil Pengukuran Dengan Fluke 41 B.....	59

DAFTAR GRAFIK HARMONISA

	Hal
1. Grafik 4.1 Harmonisa Arus Panel LVMDP.....	21
2. Grafik 4.2 Harmonisa Arus Panel CDC1	24
3. Grafik 4.3 Harmonisa Arus Panel CDC2	27
4. Grafik 4.4 Harmonisa Arus Panel LP-E	30
5. Grafik 4.5 Harmonisa Arus Panel PP-WT	33
6. Grafik 4.6 Harmonisa Arus Panel LP-A	36
7. Grafik 4.7 Harmonisa Arus Panel LP-C	39
8. Grafik 4.8 Harmonisa Arus Panel LP-M	42
9. Grafik 4.9 Harmonisa Arus Panel PP-GA	45
10. Grafik 4.10 Harmonisa Arus Panel PP-IB	48
11. Grafik 4.11 Harmonisa Arus Panel PP-ID	51
12. Grafik 4.12 Harmonisa Arus Panel PP-HA	54
13. Grafik 4.13 Harmonisa Arus Panel PP-CU2	57
14. Grafik 4.14 Harmonisa Arus Panel PP-A/EA	60

DAFTAR LAMPIRAN GAMBAR DAN TABEL SPEKTRUM

1. Gambar 4.1 Wiring Diagram Panel LVMDP
2. Gambar 4.2 Wiring Diagram Panel CDC1
3. Gambar 4.3 Wiring Diagram Panel CDC2
4. Gambar 4.4 Wiring Diagram Panel LP-E
5. Gambar 4.5 Wiring Diagram Panel LP-M
6. Gambar 4.6 Wiring Diagram Panel LP-A
7. Gambar 4.7 Wiring Diagram Panel LP-C
8. Gambar 4.8 Wiring Diagram Panel PP-GA
9. Gambar 4.9 Wiring Diagram Panel PP-IB
10. Gambar 4.10 Wiring Diagram Panel PP-ID
11. Gambar 4.12 Wiring Diagram Panel PP-CU2
12. Gambar 4.13 Wiring Diagram Panel PP-A/EA
13. Tabel 4.34 Spektrum Harmonis Orde Ganjil Pada Panel LVMDP.
14. Tabel 4.35 Spektrum Harmonis Orde Ganjil Pada Panel CDC1
15. Tabel 4.36 Spektrum Harmonis Orde Ganjil Pada Panel CDC2
16. Tabel 4.37 Spektrum Harmonis Orde Ganjil Pada Panel LP-E
17. Tabel 4.38 Spektrum Harmonis Orde Ganjil Pada Panel PP-WT
18. Tabel 4.39 Spektrum Harmonis Orde Ganjil Pada Panel LP-A
19. Tabel 4.40 Spektrum Harmonis Orde Ganjil Pada Panel LP-C
20. Tabel 4.41 Spektrum Harmonis Orde Ganjil Pada Panel PP-GA
21. Tabel 4.42 Spektrum Harmonis Orde Ganjil Pada Panel PP-IB.
22. Tabel 4.44 Spektrum Harmonis Orde Ganjil Pada Panel PP-HA
23. Tabel 4.45 Spektrum Harmonis Orde Ganjil Pada Panel PP-CU2
24. Tabel 4.46 Spektrum Harmonis Orde Ganjil Pada Panel LP-A/EA

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar belakang

Tenaga listrik yang dihasilkan oleh pusat pembangkit tenaga listrik disalurkan kepada konsumen melalui suatu jaringan tenaga listrik. Jaringan tenaga listrik terdiri dari (1) jaringan transmisi untuk tegangan tinggi diatas 20 kV, (2) jaringan distribusi primer untuk tegangan 6 s.d 20 kV, dan (3) jaringan distribusi sekunder atau jaringan tegangan rendah untuk tegangan dibawah 6 kV. Konsumen menggunakan jaringan distribusi sekunder yang telah dibakukan dengan tegangan 220/380 Volt. [SPLN:1995]

Produsen (PLN) mendistribusikan tenaga listrik tersebut kebeban melalui suatu instalasi listrik. Instalasi tenaga listrik dapat disalurkan melalui jaringan bawah tanah atau dalam beton bangunan. Untuk melindungi kabel, maka kabel tersebut dibungkus dengan suatu bahan isolasi. Material isolasi yang banyak dipakai untuk kabel bawah tanah adalah polyethylene. Bahan ini memiliki kekuatan dielektrik dan resistansi isolasi yang baik.

Beberapa keunggulan yang dimiliki polyethylene juga mempunyai keterbatasan dalam pemakaiannya, terutama pada saat bahan isolasi tersebut mengalami pemanasan berlebihan (temperatur tinggi) yang disebabkan adanya beban lebih atau hubungan singkat. Pada saat panas berlebihan akan terjadi beberapa perubahan sifat dari bahan isolasi, hal ini dapat ditunjukkan pada titik lebur, lunak dan degradasi atau reaksi oksidatif pada bahan isolasi tersebut. Sifat degradasi adalah reaksi yang menyebabkan putusnya ikatan kimia didalam rantai molekul utama yang menyebabkan pengurangan berat dan panjang rantai molekul polyethylene sehingga merubah sifat bahan isolasi.

Penggunaan material polyethylene sebagai bahan isolasi untuk jangka waktu yang panjang dapat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan seperti suhu penghantar (temperatur) yang disebabkan beban lebih, hubungan singkat dan tekanan mekanis dari kabel tersebut disamping adanya kelembaban dan polusi udara ultraviolet.

Instalasi tenaga listrik yang digunakan oleh konsumen direncanakan dan dibuat seefektif mungkin, sehingga handal dalam pengoperasiannya. Kualitas dan

kehandalan tenaga listrik tidak semata-mata merupakan masalah operasi sistem tenaga listrik, tetapi erat kaitannya dengan pemeliharaan instalasi tenaga listrik. Kehandalan juga erat kaitannya dengan masalah pengembangan sistem tenaga listrik, mengingat bahwa konsumen selalu bertambah dari waktu ke waktu. Instalasi tenaga listrik dikatakan handal, jika penyaluran tenaga listrik tidak mengalami gangguan dan bila terjadi gangguan dapat diatasi dalam waktu yang singkat. Gangguan yang terjadi pada jaringan instalasi tenaga listrik dapat disebabkan oleh beban lebih, hubungan singkat, kandungan harmonisa yang tinggi, menurunnya kekuatan dielektrik bahan isolasi, dan memburuknya peluahan parsial (partial discharge).

Gangguan juga dapat terjadi akibat electrical treeing pada bahan isolasi kabel instalasi tenaga listrik akibat pemakaian yang lama (aging). Fenomena electrical treeing ini terjadi setelah 15 s.d 20 tahun pemakaian. Beberapa hasil penelitian terdapat korelasi antara gangguan dengan umur pemakaian instalasi tenaga listrik, namun dari hasil penelitian tersebut juga menyatakan bahwa tidak ada korelasi antara gangguan dengan umur pemakaian instalasi tenaga listrik tersebut [Elektro Indonesia:1998].

FT-UNP merupakan salah satu konsumen pengguna tenaga listrik yang cukup besar yaitu daya terpasang 345 kVA. Instalasi yang dipakai pada Fakultas Teknik adalah instalasi bawah tanah untuk menghubungkan dari panel induk ke panel-panel pembagi. Jaringan tersebut telah digunakan sejak 1979 atau telah berumur ± 25 tahun dan belum pernah dianalisis lagi kelayakan operasinya. Instalasi tenaga listrik yang ada di Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang terdiri dari instalasi penerangan (lighting installation) dan instalasi tenaga (power installation). Sumber tenaga listrik untuk kampus FT-UNP Padang disupply dari PLN dan Pembangkit sendiri (genetator set), pendistribusian daya listrik melalui panel utama LVMDP/380/220 Volt dan panel-panel perantara (subcabang panel) CDC₁ dan CDC₂, kemudian disalurkan kepanel-panel tenaga (PP) dan panel penerangan (LP). Panel-panel PP dan LP ditempatkan disetiap lokal kuliah, laboratorium, work shop dan kegedung-gedung lainnya sebagai penunjang adminstrasi dan kegiatan perkuliahan mahasiswa.

Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang (FT-UNP) sering terjadi gangguan instalasi tenaga listrik yang disebabkan kabel tanah pada panel LVMDP/380/220 Volt 250 Ampere kepanel CDC₂/380/220 Volt, 250 Ampere, dimana kabel utama terjadi hubungan singkat antar fasa. Maka dialihkan kesaluran kabel tanah lainnya sebagai spare (saluran cadangan). Disamping gangguan kabel tanah tersebut, juga

terjadi gangguan kabel tanah antara panel CDC2/380/220 Volt, 25 Ampere kepanel LP-AM 380/220 Volt, 25 Ampere, disebabkan hubungan singkat antar fasa. Banyak lagi gangguan-gangguan lain pada jaringan kabel tanah jenis NYFGbY / NYY, maupun kabel untuk instalasi penerangan jenis NYA.

Berdasarkan usia instalasi seperti tersebut diatas apakah instalasi tenaga listrik di Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang masih dianggap handal untuk dioperasikan dengan pertimbangan bahwa jumlah kegagalan instalasi tenaga listrik yang terjadi serta masa guna peralatan yang relatif sudah cukup lama dioperasikan. Oleh sebab itu perlu dilakukan suatu penelitian tentang kehandalan operasi instalasi tenaga listrik di Fakultas Teknik, agar diperoleh informasi kondisi jaringan dan peralatan lainnya.

B. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang seringnya terjadi gangguan disetiap blok instalasi tenaga listrik akibat terputusnya sekering (Fuse), terjadi hubungan singkat antar fasa maupun fasa ke ground pada terminal-terminal panel, sehingga kabel-kabel tidak dapat beroperasi, maka dirumuskan masalah sebagai berikut;

1. Berdasarkan pendekatan metoda destructive dapat dirumuskan ;
 - a. Bagaimana kondisi tahanan isolasi kabel tanah terhadap tegangan jaringan yang mempengaruhi tahanan isolasi.
 - b. Bagaimana kondisi arus bocor yang terdapat pada isolasi kabel disetiap panel terhadap tegangan jaringan dengan bentuk gelombang tertentu.
2. Berdasarkan pendekatan metoda non destructive dapat dirumuskan;
 - a. Bagaimana kondisi jaringan instalasi tenaga listrik pada setiap tahanan isolasi kabel dengan menggunakan Megger, untuk mengetahui secara dini kondisi isolasi kabel tanah tersebut.
 - b. Bagaimana kondisi tahanan konduktor, rugi-rugi konduktor, daya penghantar dan pengaruh harmonisa tegangan dengan menggunakan alat ukur Fluke View / 41B.

C. Tujuan

Tujuan penelitian ini adalah :

1. Menentukan tahanan isolasi kabel tanah instalasi tenaga listrik di Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.
2. Menentukan arus bocor pada isolasi kabel tanah instalasi tenaga listrik di Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.
3. Menentukan tahanan penghantar, tahanan isolasi, efisiensi dan pengaruh harmonisa pada instalasi tenaga listrik di Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.

D. Manfaat

Manfaat dari penelitian ini adalah memberikan informasi kepada Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang tentang :

1. Kehandalan dan kelayakan operasi jaringan instalasi tenaga listrik kabel tanah di Fakultas Teknik.
2. Kabel tanah yang layak dan handal dioperasikan untuk menunjang kegiatan proses belajar mengajar di Fakultas Teknik UNP.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Gangguan Jaringan Distribusi Tenaga Listrik.

Kelayakan dan kehandalan suatu instalasi distribusi tenaga listrik dapat ditinjau dari pendekatan terhadap perlengkapan yang digunakan dalam hal ini, yaitu dengan metoda non destruktif dan destruktif. Komponen instalasi distribusi tenaga listrik yang diamati melalui metoda non destruktif seperti;

1. Metoda non destruktif

- a. Tahanan isolasi kabel tanah yang digunakan berdasarkan standar yang diizinkan.
- b. Drop tegangan yang diizinkan untuk instalasi tenaga listrik.
- c. Arus beban lebih yang diizinkan untuk kabel tanah tegangan rendah < 6 kV
- d. Keseimbangan beban tiap fasa.
- e. Kandungan harmonik dalam jaringan distribusi.

2. Metoda destruktif

Pengujian metoda destruktif yang dilakukan dengan menerapkan tegangan tinggi arus searah (sumber DC). Pengujian ini perlu dihindari karena dapat memungkinkan kerusakan pada peralatan yang diuji. Beberapa referensi menggambarkan bahwa penerapan pengujian dengan destruktif dapat merusak, juga dapat memotong umur dari peralatan hingga setengahnya. Teknik pengujian ini cukup ampuh mendekteksi titik kondisi lemah atau abnormal dari isolasi kabel tanah seperti tegangan arus tembus, tekanan dielektrik, thermal dan mekanik terhadap bahan yang diuji tersebut.

B. Tahanan Isolasi Kabel Tanah

Isolator adalah alat listrik yang dipakai untuk mengisolasi arus listrik dalam suatu rangkaian. Alat ini mempunyai sifat dapat memisahkan secara elektrik antar dua penghantar atau lebih yang berdekatan sehingga tidak terjadi kebocoran arus atau gradian yang tinggi sehingga mengakibatkan loncatan bunga api (flashover). Tegangan tembus pada isolasi (insulation breakdown voltage) disebabkan beberapa hal antara lain isolasi tersebut sudah lama dipakai, berkurangnya kekuatan dielektrik dan karena isolasi tersebut dioperasikan pada tegangan lebih. Pada prinsipnya tegangan pada isolasi merupakan suatu tarikan atau tekanan (stress) yang harus dilawan oleh gaya dalam isolasi itu sendiri agar supaya tegangan tembus tidak terjadi. Struktur molekul material isolasi, elektron elektron

terikat erat pada molekulnya, ikatan ini yang mengadakan perlawanan terhadap tekanan yang disebabkan oleh adanya tegangan. Bila bahan isolasi diberikan tegangan akan terjadi perpindahan elektron-elektron dari suatu molekul ke molekul lainnya sehingga timbul arus konduksi atau arus bocor.

Berdasarkan standar yang dikeluarkan oleh ASTM yakni dalam standar D-S77 disebutkan bahwa suatu bahan isolasi harus memiliki tegangan tembus sebesar kurang lebih 30 kV untuk lebar sela elektron 1 mm, dengan kata lain kekuatan elektrik bahan isolasi kurang lebih 30 kV/mm [Asy'ari Hasyin:2001]. Peraturan untuk menetapkan tahanan isolasi kabel tanah dalam mendistribusikan tenaga listrik yang mempunyai tegangan > 20kV, dianjurkan sebaiknya lebih besar dari 20 M Ω . Tahanan isolasi kabel tanah kecil dari 10 M Ω masih bisa beroperasi tetapi kehandalannya sangat diragukan [SPLN 52-3:1985]. Sedangkan dari Standar Nasional Indonesia (SNI), penghantar tembaga dan aluminium untuk kabel listrik berisolasi PVC tegangan pengenal 450/750 Volt (SNI 04-3893-1995) tahanan isolasi yang berdiameter 1,5 s.d 240 mm berkisar antara 10,5 s.d 3,2 M Ω dengan faktor koreksi suhu tahanan isolasi 25^oC adalah 1,74. Dalam hal ini tahanan isolasi kabel berkisar 18,27 s. d 5,568 M Ω . Sebagai standar tahanan isolasi kabel tanah yang berisolasi PVC dalam pengamatan kehandalan operasi instalasi tenaga listrik Fakultas teknik UNP adalah 20 s.d 5,568 M Ω pada temperatur suhu 25^oC.

C. Drop Tegangan Pengaruh Beban Lebih

Beban lebih dapat mengakibatkan pemanasan yang berlebihan pada kabel tanah, mengakibatkan konduktor menjadi lebih panjang dari kondisi semula. Akibat lainnya adalah tahanan isolasi kabel menjadi lebih rendah dan memperpendek umur kabel tanah tersebut. Panas yang timbul tergantung pada besarnya arus gangguan dan lama waktunya (clearing time-nya lambat). Suhu konduktor yang terlalu tinggi sehingga merusak isolasinya atau mempercepat penuaannya. Salah satu faktor yang mempengaruhi timbulnya drop tegangan disebabkan adanya perbedaan arus fasa tidak seimbang pada titik terminal penerima.

Pengaruh penggunaan penghantar juga menimbulkan drop tegangan, hal ini yang disebut rugi tembaga (penghantar). Untuk dapat diketahui drop tegangan disebabkan penghantar, maka dilakukan pengukuran rugi tembaga (drop tegangan), berapa besar kehilangan tegangan pada saat kabel jaringan instalasi beroperasi akibat rugi tegangan dalam penghantar (P_{cu}) dan strey loss (P_{loss}) kabel yang digunakan. Pengukuran dilakukan dengan memberikan arus normal pada salah satu sisi kabel dan pada sisi yang

lain dihubungkan singkat, dengan demikian akan terbangkit juga arus nominal pada sisi tersebut sehingga seolah-olah dibebani penuh. Perhitungan rugi beban penuh (P_{cu}) dan impedansi kabel (Z) diperoleh, besar tahanan penghantar (R) dapat dihitung. Dalam hal ini ada dua sistem pendekatan untuk menghitung drop tegangan yaitu:

1. Menggunakan Grafik Kurva Drop Tegangan terhadap beban dan berbagai komponen rangkaian.
2. Menghitung menggunakan drop tegangan sisi pengirim atau sisi penerima daya, faktor daya, arus beban dan dilengkapi dengan impedansi rangkaian total.

Cara kedua dilakukan perhitungan drop tegangan antar kawat fasa dengan kawat netral. Drop tegangan antar fasa diperoleh dengan menghitung drop tegangan antar kawat dengan mengalikan 2 .

Drop tegangan fasa ke netral (V_{drop}) untuk V_b diketahui maka diperoleh.

$$V_{drop} = \sqrt{(V_b \cos \varphi + IR)^2 + (V_b \sin \varphi + IX)^2} - V_b$$

Untuk tegangan pengirim V_p diketahui maka tegangan drop adalah:

$$V_{drop} = V_p + IRCos\varphi + IXSin\varphi - \sqrt{V_p^2 - (IRCos\varphi + IXSin\varphi)^2}$$

Dapat diperoleh tegangan fasa ke netral disisi pengirim $V_p = V_b \frac{Z_b}{Z_p}$

Dimana:

Z_b = Impedansi beban ekuivalen dalam ohm

Z_p = Impedansi sistem jaringan termasuk impedansi beban.

Dalam hal ini drop tegangan $V_{drop} = V_p - V_b$, persamaan ini bila dianggap impedansi beban dan arus beban konstan. Persamaan yang mendekati untuk menentukan tegangan drop, secara praktis dan cukup memadai serta cermat yaitu;

1. Jika tegangan beban V_b diketahui, maka tegangan drop antar fasa ke netral adalah:

$$V_{drop} = I(R \cos \varphi + X \sin \varphi) + \frac{IX \cos \varphi - IR \sin \varphi)^2}{2(V_b + IRCos\varphi + IXSin\varphi)}$$

2. Jika tegangan pengirim V_p diketahui, maka tegangan drop antar fasa ke netral adalah;

$$V_{drop} = I(R\cos\phi + X\sin\phi) + \frac{I(X\cos\phi - R\sin\phi)^2}{2V_p}$$

3. Jika tegangan pengirim V_p dan tegangan penerima diketahui, maka persamaan umum untuk pendekanan tegangan drop adalah

$V_{drop} = I(R\cos\phi + X\sin\phi)$ dengan bentuk lain untuk tegangan drop diperoleh dalam persentase adalah:

$$\%V_{drop} = \frac{kVA(R\cos\phi + X\sin\phi)}{10(kV)^2}$$

Dimana:

KVA = Daya volt amper tiga fasa

KV = Tegangan antar fasa.

Dalam Peraturan Umum Instalasi Listrik tahun 2000 [PUIL: 2000] dan SPLN menyatakan bahwa drop tegangan untuk instalasi listrik penerangan dan tenaga ditetapkan sebagai berikut;

1. Drop tegangan untuk instalasi penerangan dimana tegangan antara terminal konsumen dan sembarang titik dari instalasi tidak boleh melebihi 2 % dari tegangan pengenalan pada terminal konsumen bila semua penghantar dari instalasi dialiri arus [Stevenson.W.D:1983].
2. Drop tegangan untuk instalasi tenaga dimana tegangan antara terminal konsumen dan sembarang titik dari instalasi tidak boleh melebihi maksimum +5 % dan minimum - 10% dari tegangan pengenalan pada terminal konsumen bila semua penghantar dari instalasi dialiri arus [SPLN 43-5:1995].
3. Bila menggunakan kabel tanah tidak boleh diberi tegangan kerja melampaui nilai tegangan tertinggi perlengkapan / kabel yang berkaitan dengan nilai tegangan pengenalan perlengkapan / kabel tersebut [Stevenson.W.D:1983].

D. Hubungan Singkat Jaringan Distribusi Tenaga Listrik

Hubungan singkat dapat terjadi antar fasa (3 fasa atau 2 fasa) atau antara 1 fasa ke tanah, hal ini dapat bersifat temporer atau permanen. Gangguan permanen, misalnya hubungan singkat yang terjadi pada kabel tanah atau belitan stator motor, mengakibatkan breakdown pada tahanan isolasi kabel. Gangguan yang temporer, tidak ada kerusakan yang permanen dititik gangguan; misalnya gangguan berupa flashover antara penghantar

fasa dan tanah, gangguan 1 fasa ketanah hampir selalu lebih kecil dari arus hubungan singkat 3 fasa karena disebabkan impedansi urutan nolnya, dimana umumnya lebih besar dari impedansi urutan positif. Gangguan tanah hampir selalu melalui tahanan gangguan yang nilainya beberapa Ohm, yaitu tahanan pentanahan kaki tiang dalam hal flashover dengan kawat tanah atau beberapa puluh Ohm atau ratusan Ohm. Ada kemungkinan arus gangguan 1 fasa ke tanah lebih besar dari arus hubungan singkat 3 fasa. Jika lokasinya dekat (sumber tegangan) sistem distribusi daya listrik dengan pentanahan langsung. Peralatan yang terganggu dilalui arus hubungan singkat dapat menjadi rusak.

Rumus dasar yang digunakan gangguan hubungan singkat adalah hukum Ohm dimana arus sama dengan tegangan dibagi impedansi ekivalent dari sumber titik gangguan, dapat ditulis sebagai berikut;

$$I = \frac{V}{Z}$$

Gangguan hubungan singkat yang terdapat pada jaringan instalasi tenaga listrik ada tiga jenis gangguan yaitu;

1. Gangguan 3 (tiga) fasa, dimana impedansi urutan Positif nilai impedansi ekivalen Z_1 , dan tegangannya adalah E_{fasa}
2. Gangguan 2 (dua) fasa, dimana jumlah impedansi urutan Positif + urutan Negatif nilai impedansi ekivalen $Z_1 + Z_2$ dan tegangannya adalah $E_{fasa-fasa}$
3. Gangguan 1 (satu) ke tanah, dimana jumlah impedansi urutan Positif + urutan negatif + urutan nol, nilai impedansi ekivalen $Z_1 + Z_2 + Z_0$ dan tegangannya adalah E_{fasa}

Dalam penggunaan komponen gangguan untuk simetris sistem 3 fasa memerlukan suatu fasor atau operator yang akan memutar (rotasi) dengan vektor lainnya yang berbeda sudut 120° . Operator yang digunakan vektor satuan adalah "a", yang didefinisikan $a = \frac{1}{2} + \frac{1}{2}j\sqrt{3} = \angle 120^\circ = j120$, dalam hal ini arus hubungan singkat dari ketiga gangguan sebagai berikut [Nogroho Agus:2006];

1. Arus hubungan singkat antar fasa (3 fasa), $I_{sc3} = \frac{E}{Z_1}$,

2. Arus hubungan singkat fasa-fasa (2 fasa),

$$I_{sc} = \frac{\sqrt{3}E}{Z_1 + Z_2}, \text{ dimana } Z_1 = Z_2 \text{ maka diperoleh } I_{sc} = \frac{\sqrt{3}E}{2Z_1} = 0,866 I_{sc3}$$

3. Arus hubungan singkat ketanah satu fasa (1 fasa), $I_{sc} = \frac{3.E}{Z_1 + Z_2 + Z_0}$, dimana

$Z_1 = Z_2 = Z_0$ maka diperoleh $I_{sc} = \frac{3E}{3Z_1} = I_{sc3}$, bila kondisi gangguan jauh dari

Gardu Induk untuk impedansi $Z_1 = Z_2$ dan $Z_0 = 3Z_1$, untuk ini diperoleh arus

hubungan singkat ketanah adalah $I_{sc} = \frac{3E}{5Z_1} = 0,6 I_{sc3}$

Dengan mengetahui arus hubungan singkat dari suatu jaringan dapat ditentukan alat pengaman, apakah pengaman lebur atau menggunakan relay waktu, relay arus lebih dan relay arus lebih waktu. Arus gangguan hubungan tanah ada kemungkinan lebih kecil dari arus beban, ini disebabkan ada dua hal pertama tahanan gangguan masih cukup tinggi dan kedua pentanahan netral sistemnya melalui impedansi (tahanan gangguan) yang tinggi atau tidak ditanahkan. Setingan relay pengaman dari gangguan biasanya lebih besar dari arus beban maksimum yaitu $I_{Relay} = 1,2.I_n$ dimana I_n = arus nominal [M.Harunur Rashid:1989].

E. Distorsi Harmonik Tegangan Dan Arus Pada Jaringan Distribusi Tenaga Listrik .

Harmonik tegangan dan arus timbulnya tidak saja disebabkan oleh beban linier dan non linier tetapi juga dari sistem pensuplai sumber tenaga listrik. Harmonik dalam istilah sistem tenaga listrik didefinisikan sebagai suatu komponen gelombang sinusoidal dari satu periode gelombang yang mempunyai satu frekuensi dan merupakan kelipatan integer dari gelombang fundamental. Frekuensi fundamental suatu sistem tenaga listrik biasanya 50 Hz atau 60 Hz. Satu priode gelombang sinus yang terdistorsi oleh harmonik terdiri dari beberapa komponen, misalnya harmonik ke 1, ke 2, ke 3 dan seterusnya. Harmonik ke 3 artinya harmonik yang mempunyai frekuensi tiga kali dari frekuensi fundamentalnya, jadi bila frekuensi fundamental 50 Hz, maka harmonik ke 3 mempunyai frekuensi 150 Hz, atau dapat dituliskan dengan persamaan $f_h = n.f_1$, dimana n adalah bilangan bulat positif. Karakteristik harmonik dapat direpresentasikan dengan deret Fourier yaitu;

$$f(t) = \frac{a_0}{2} + \sum_{h=1}^{\infty} \{a_h \cdot \cos(h\omega_0 t) + b_h \cdot \sin(h\omega_0 t)\} \quad [\text{UAF42:1998}]$$

Dapat ditulis dalam bentuk lain adalah,

$$f(t) = C_0 + \sum_{h=1}^{\infty} C_h \cdot \sin(h\omega_0 t + \phi_h)$$

Dimana:

$C_0 = \frac{a_0}{2}$ merupakan komponen tegangan DC

$C_h = \sqrt{a_h^2 + b_h^2}$ merupakan nilai harmonik yang ke h

$\phi_h = \tan^{-1}\left(\frac{a_h}{b_h}\right)$ merupakan fasa harmonik ke h

Aplikasikan kedalam persamaan deret Fourier pada tegangan dan arus harmonik sebagai berikut:

$$V(t) = \sum_{h=1}^{\infty} \tilde{V}_h(t) = \sum_{h=1}^{\infty} \sqrt{2} \cdot V_h \sin(h\omega_0 t + \theta_h)$$

$$I(t) = \sum_{h=1}^{\infty} \tilde{I}_h(t) = \sum_{h=1}^{\infty} \sqrt{2} \cdot I_h \sin(h\omega_0 t + \delta_h)$$

Komponen bagian DC biasanya diabaikan untuk memudahkan persamaan, maka V_h dan I_h adalah nilai rms untuk harmonik orde ke h pada masing-masing tegangan dan arus. Sedangkan daya listrik sesaat dapat didefinisikan sebagai berikut:

$$P(t) = V(t) \cdot I(t)$$

Dari persamaan harmonik tegangan dan arus diperoleh persamaan untuk daya dengan relasi orthogonal adalah:

$$P = \sum_{h=1}^{\infty} V_h \cdot I_h \cos(\theta_h - \delta_h) = \sum_{h=1}^{\infty} P_h$$

Daya yang dibangkitkan oleh adanya harmonik biasanya sangat kecil bila dibandingkan dengan daya rata-rata dasar (fundamental average power). Untuk perbandingan nilai rms komponen harmonik terhadap komponen dasar biasanya dinyatakan dalam persen, dengan indeks THD (Total Harmonic Distorsi). Hal ini biasanya digunakan untuk menyatakan penyimpangan bentuk gelombang yang mengandung harmonik terhadap gelombang sinus fundamental satu periode. Bentuk gelombang sinus fundamental yang mengandung harmonik biasa ditulis ;

$$V_{THD} = \sqrt{\frac{\sum_{n=2}^{\infty} V_n^2}{V_L}} \times 100\%$$

$$I_{THD} = \sqrt{\frac{\sum_{n=2}^{\infty} I_n^2}{I_L}} \times 100\%$$

Distorsi harmonisa terhadap tegangan dan arus pada jaringan setiap panel distribusi daya diperoleh dengan alat ukur Power Harmonic Analyzer Fluke 41 B, dengan standar IEEE-519-1992 (Tabel 2.1). Data yang diperoleh dalam bentuk teks, gelombang, spektrum dan tampilan pada tiap-tiap orde harmonisa., pada masing-masing subpanel selama 1 jam untuk mengambil data Tegangan, Arus, Frekuensi, Daya Aktif, %VTHD, %ITHD, Faktor Kerja (pf) dan Distorsi faktor Kerja (DPF).

Pengaruh harmonik dalam jaringan sistem tenaga listrik antara lain;

4. Timbulnya getaran mekanik pada panel distribusi tenaga listrik merupakan getaran resonansi mekanis akibat harmonik arus.
5. Pengukuran daya listrik tidak akurat pada jenis meter elektromagnetik, yang menggunakan piring putar.
6. Akan terjadi intervensi frekuensi pada sistem telekomunikasi yang menggunakan kabel.
7. Kurang baiknya kinerja peralatan karena distorsi harmonik tegangan dan arus.

Tabel 2.1 Standar Distorsi Harmonik IEC 555 / IEEE 519-1992

**Current Distortion Limits (in % of I_L) for General
Distribution System (120 - 69000 V) [1]**

I_{sc}/I_L	< 11	11 < h < 17	17 < h < 23	23 < h < 35	$\leq 35 > h$	TDD
<20	4.00	2.00	1.50	0.60	0.30	5.00
20-50	7.00	3.50	2.50	1.00	0.50	8.00
50-100	10.00	4.50	4.00	1.50	0.70	12.00
100-1000	12.00	5.50	5.00	2.00	1.00	15.00
>1000	15.00	7.00	6.00	2.50	1.40	20.00

Voltage Distortion Limits (in % of V) [1]

PCC Voltage	Individual Harmonic Magnitude (%)	THDv (%)
69 kV	3.0	5.0
69 – 161 kV	1.5	2.5
161 kV	10.0	4.5

BAB III

METODOLOGI DAN ANALISA DATA

A. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode pengujian Destructive dan Non Destructive untuk mendeteksi deteriosasi yang terjadi pada saluran kabel tanah panel-panel distribusi tenaga listrik di Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.

1. Populasi

Populasi dalam penelitian ini adalah semua panel-panel yang ada pada jaringan instalasi tenaga listrik di FT-UNP. Jumlah panel sebanyak 56 buah panel, yang terdiri dari panel penerangan (lighting panel) yang disingkat dengan LP, panel daya (power panel) atau PP dan panel perantara (conection panel) atau CDC.

2. Sampel

Sampel penelitian ini diambil sebanyak 25% dari 56 panel yang menjadi populasi penelitian ini. Pengambilan sample dilakukan secara proporsional (Tabel 1).

Tabel 3.2. Sampel penelitian keandalan instalasi tenaga listrik

No	Kode Panel	Lokasi	Jenis Kabel	Kapasitas Amp/V
1.	LVMDP	Panel Utama	NYFGbY 4x240 NYY 4x16	400 A/380/220 V
2.	CDC ₁	Blok Building	NYFGbY 4x185 NYFGbY 4x16	250 A/380/220 V
3.	CDC ₂	Blok Electrical	NYFGbY 4x185 NYFGbY 4x70	250 A/380/220 V
4.	LP-E	Building	NYFGbY 4x35 NYY 4x16	250 A/380/220 V
5.	PP-WT	Block Building	NYY 4x16 NYY 4x10	25 A/380/220 V
6.	LP-A	Block Mesin	NYFGbY 4x35 NYY 4x4	25 A/380/220 V
7.	LP-C	Block Electrical	NYFGbY 4x70 NYY 4x6	25 A/380/220 V
8.	LP-M	MRC	NYFGbY 4x70 NYY 4x4	25 A/380/220 V
9.	PP-GA	Block Auto	NYFGbY 4x185 NYY 4x6	25 A/380/220 V
10.	PP-IB	Block Elctrical	NYY 4x6 NYY 4x4	25 A/380/220 V
11.	PP-ID	Block Elctrical	NYY 4x10 NYY 4x4	25 A/380/220 V
12.	PP-HA	Block Elctrical	NYY 4x240 NYY 4x4	200 A/380/220 V
13.	PP-CU ₂	Block Lecture	NYY 4x50 NYY 4x6	25 A/380/220 V
14.	LP-A/EA	Block Mecanical	NYY 4x4 NYY 4x4	40 A/380/220 V

B. Teknik Pengukuran Dan Pengujian.

1. Teknik Pengujian Faktor Disipasi

Faktor disipasi suatu teknik pengujian dengan menerapkan sumber tegangan AC (Alternating Current) pada bahan dielektrik. Pengujian ini dengan mengabaikan besarnya (magnitudo) tahanan isolasi maupun kapasitansya. Perpatokan ukuran tanpa dimensi dan diberikan dalam persen faktor disipasi. Pengujian ini dianggap cukup efektif untuk mendeteksi tingkat deteorisasi dan kondisi bahan isolasi dan peralatan. Peralatan yang menunjukkan angka faktor disipasi yang tinggi kadang-kadang masih dapat dioperasikan dalam waktu yang cukup lama, akan tetapi tidak ada jaminan dari kegagalan. Petunjuk secara umum yang dapat dipertimbangkan untuk bahan isolasi bahwa power faktor diatas 20% dianggap dalam kondisi yang jelek dan patut dicurigai. Mitsubishi memberikan persyaratan bahwa apabila peralatan sudah menunjukkan faktor disipasi diatas 10%, perlu dilakukan investigasi lebih lanjut apakah sudah ada gangguan atau masalah dengan peralatan tersebut dan disarankan juga untuk melakukan perbaikan dan perawatan. Untuk kabel isolasi XLPE, angka dibawah 0,3% dianggap baik. Beberapa pabrik kabel memberikan petunjuk bahwa faktor disipasi dibawah 1% masih dianggap baik.

2. Teknik Pengujian Tahanan Isolasi dan Indek Polarisasi

Teknik pengujian tahanan isolasi dan indek polarisasi dilakukan dengan cara memberikan (injection) tegangan DC (direct current). Besarnya tegangan yang diterapkan untuk sistem tegangan 4000 Volt disamping itu tegangan 2500 Volt termasuk yang baik karena pengukuran tegangan ini dianggap lebih representatif dibandingkan dengan tegangan yang lebih kecil, walaupun standard IEEE mengijinkan tegangan pengujian bisa pada 1000 Volt. Besarnya indek polarisasi (perbandingan besarnya tahanan isolasi pada waktu 1 menit dan 10 menit) bisa efektif untuk menunjukkan tingkat kebersihan dan tingkat kekeringan dari bahan isolasi. Karena besarnya tanpa dimensi, ini memudahkan untuk melihat data trendingnya. Data trending dari indek polarisasi ini dapat juga memberikan gambaran kondisi degradasi / deteorisasi dan isolasi tersebut.

3. Teknik Pengujian Arus Bocor Dengan Tegangan Arus Searah

Teknik pengujian arus bocor adalah dengan cara menerapkan tegangan DC yang lebih besar untuk melihat karakteristik arus bocor pada isolasi. Tegangan yang diterapkan

tidak terlalu besar/tinggi seperti pada pengujian DC HI-pot. Hal tersebut mengingat pertimbangan mengenai pengujian yang destructive. Pengujian isolasi kabel untuk melihat karakteristik arus bocor hanya diambil sebagai pembuktian atas keraguan yang ditunjukkan oleh hasil pengujian lainnya. Besarnya tegangan pengujian hanya sampai tegangan 1000 Volt untuk sistem tegangan kerja instalasi tenaga listrik 380/220 Volt . Besarnya tegangan ini masih dikategorikan non destructive, karena masih berkisar sesuai dengan tegangan kerja pada peralatan yang digunakan. Bila arus bocornya konsisten pada beberapa tegangan sebelum tegangan test, kondisinya isolasi kabel dapat dianggap cukup baik. Pada saat mencapai tegangan test dan dipertahankan beberapa saat 5 s/d 8 menit, kondisi isolasi bisa dianggap baik apabila arus bocor turun atau konstan. Bila terjadi sebaliknya kondisi isolasi dianggap buruk, arus bocornya menunjukkan kecenderungan menaik. Teknik pengujian seperti ini dilakukan sesuai dengan petunjuk yang diberikan oleh Hitachi Cable untuk menggantikan pengujian tegangan tinggi (Hi-Pot Test).

C. Teknik Pengumpulan Data

1. Data Wiring Diagram panel

Teknik pengambilan data diambil dari gambar Instalasi Listrik yang dibuat oleh PT. Sangkuriang Tanggal 30 Juli 1977, Fakultas Pendidikan Teknik Kejuruan Universitas Negeri Padang sesuai dengan data yang dibutuhkan dalam penelitian ini.

2. Tegangan Drop Masing-Masing Panel.

Pengukuran rugi tembaga (tegangan drop) bertujuan untuk mengetahui besarnya kehilangan tegangan pada saat kabel jaringan instalasi beroperasi akibat rugi tegangan dalam penghantar (P_{cu}) dan strey loss (P_{loss}) kabel yang digunakan. Pengukuran dilakukan dengan memberikan arus normal pada salah satu sisi kabel dan pada sisi yang lain dihubungkan singkat, dengan demikian akan terbangkit juga arus nominal pada sisi tersebut sehingga seolah-olah dibebani penuh. Perhitungan rugi beban penuh (P_{cu}) dan impedansi kabel (Z), dimana pada pengukuran tahanan penghantar (R). Dalam hal ini ada dua sistem pendekatan untuk menghitung drop tegangan.

Dalam penelitian ini menentukan tegangan drop dimasing masing penel distribusi daya pada Fakultas Teknik UNP menggunakan persamaan pendekatan diperoleh dalam tabel-tabel Tegangan Drop Sistem Distribusi Daya Listrik. Untuk mendapatkan besaran

tegangan jaringan (kV) dan daya semu (kVA) dilakukan pada setiap panel yang diambil sebagai sampel sebanyak 3 (tiga) kali dengan jangka waktu 2 jam sekali.

3. Tahanan Isolasi Kabel Setiap Panel Distribusi Daya

Pengukuran tahanan isolasi kabel dilakukan pada awal pengujian dimaksudkan untuk mengetahui secara dini kondisi isolasi kabel, untuk menghindari kegagalan yang fatal dan pengujian selanjutnya pengukuran dilaksanakan antar fasa - fasa, fasa - netral dan netral - ground. Pengukuran dilakukan dengan menggunakan alat ukur Megger yang lebih baik, sebab alat ini menggunakan sumber tegangan baterai (arus searah) karena dapat membangkitkan tegangan tinggi yang lebih stabil. Nilai tahanan isolasi ini kondisi kabel tanah dalam kriteria kering, juga untuk mengetahui apakah ada dari bagian-bagian kabel yang terhubung singkat. Peralatan yang digunakan untuk pengukuran tahanan isolasi diatas 1 ohm sebaiknya menggunakan alat ukur Wheatstone Bridge sedangkan untuk tahanan isolasi kabel yang lebih kecil dari 1 ohm digunakan Precision Double Bridge.

4. Keseimbangan Beban Setiap Panel Distribusi Daya

Pengukuran besarnya arus pemakaian tenaga listrik setiap panel distribusi tegangan listrik dilakukan pada setiap fasa dimasing-masing output panel. Data yang diperlukan untuk menentukan keseimbangan arus beban pemakaian antar fasa dengan fasa (R-S, R-T dan S-T) dan antar fasa dengan netral (R-Net, S-Net dan T-Net). Alat ukur yang digunakan adalah Tang Ampere dalam selang waktu 1 Jam (60 menit) selama seminggu pada jam kerja.

5. Distorsi Harmonisa Tegangan Dan Arus Pada Setiap Panel Distribusi Daya

Pengukuran pengaruh distorsi harmonisa terhadap tegangan dan arus pada jaringan yang terdapat pada setiap panel distribusi daya dengan alat ukur Power Harmonic Analyzer Fluke 41 B. Data yang diperoleh dalam bentuk teks, gelombang, spektrum dan tampilan pada tiap-tiap orde harmonisa., hal ini dilakukan sebagai berikut;

- a. Incoming panel LVMDP (panel utama) dan masing-masing subpanel selama 1 jam untuk mengambil data Tegangan, Arus, Frekuensi, Daya Aktif, %VTHD, %ITHD, Faktor Kerja (pf) dan Distorsi faktor Kerja (DPF).
- b. Pengukuran hantaran netral pada setiap panel dilakukan selama beberapa menit untuk mengambil data tegangan dan arus.

BAB IV
TEMUAN DAN BAHASAN

601.37

Ana

a-1

A. Panel LVMDP (Panel Utama Distribusi Tenaga Listrik)

Panel LVMDP adalah sumber energi listrik dari PLN, melalui panel ini yang melayani setiap panel di Fakultas Teknik UNP Padang merupakan panel utama ke panel listrik lainnya. Secara teknis panel LVMDP melayani panel-panel CDC1, CDC2, PP-CU2 dan PP-GA seperti terlihat pada (Terlampir, Gambar 4.1) wiring diagram panel LVMDP beban. Bila terjadi gangguan listrik pada panel ini akan terganggu semua kelistrikan di FT UNP, oleh sebab itu sangat diperlukan sekali perawatan dan pengecekan semua komponen yang ada pada panel tersebut. Dari hasil pengamatan yang berhubungan dengan kelayakan dan kehandalan jaringan listrik yang ditinjau dari aspek drop tegangan, tahanan isolasi, keseimbangan beban, distorsi harmonisa dan spektrum gelombang arus dan tegangan yang terkandung pada jaringan tersebut.

1. Drop Tegangan.

Hasil pengukuran drop tegangan pada panel LVMDP antara fasa-fasa dan netral-fasa dapat dilihat tabel 4.3 dibawah ini;

Tabel 4.3 Tegangan Drop Sistem Distribusi Daya Panel LVMDP

No	Fasa	kVA	Vb	Ib	PF	Sin	X	Z	R	Vdrop
		VA	Volt	Amps	%	ϕ	Ohm	Ohm	Ohm	%
1	R - S	65,9	387,8	169,8	0,98	0,20	0,00228	0,01147	0,01124	10,049
2	R - T	67,5	385,1	175,2	0,66	0,75	0,0022	0,00292	0,00193	2,146
3	S - T	53,7	387,2	138,7	0,97	0,24	0,00279	0,01148	0,01114	8,384
4	R - N	43,8	221,9	197,5	0,89	0,46	0,00112	0,00247	0,00219	5,257
5	S - N	36,5	224	163,1	0,93	0,37	0,00137	0,00374	0,00348	5,692
6	T - N	38,3	222,7	171,9	0,95	0,31	0,00129	0,00415	0,00394	6,649

Berdasarkan standar yang dibenarkan oleh SPLN dan PUIL 2000 adalah 5 s.d 10 % instalasi listrik tenaga. Hasil yang diperoleh berdasarkan perhitungan untuk instalasi tenaga pada panel LVMDP yang menggunakan kabel tanah NYFGbY 4x240, pada fasa R-S mendekati ambang batas yang diizinkan 10,049%. Hal ini bisa disebabkan adanya hubungan kontaktor dari fasa tersebut yang tidak terhubung dengan sempurna,

mungkin terjadinya karat pada permukaan kontak-kontak tersebut. Sedangkan dari hasil pengukuran drop tegangan antar fasa-fasa dan fasa netral berkisar 2.146 s.d 10.049% dapat dikatakan masih layak dan handal digunakan, untuk itu semua saklar dan kontaktor yang terdapat pada panel LVMDP diperlukan pengecekan dan perawatan yang insentif.

2. Tahanan Isolasi Kabel Tanah.

Hasil pengukuran tahanan isolasi pada panel LVMDP antara fasa-fasa dan netral-fasa dapat dilihat tabel 4.17 dibawah ini;

Tabel 4. 17 Hasil Pengukuran Isolasi Kabel

No	Panel	Jenis Kabel	Unit	R – S	R -T	S - T	R - Net	S - Net	T - Net	R-Gr	S-Gr	T-Gr
				M Ohm	M Ohm	M Ohm	M Ohm	M Ohm	M Ohm	M Ohm	M Ohm	M Ohm
1	LVMDP	NYFGbY 4x240	Utama	35	50	50	20	18	40	40	40	40
2	CDC1	NYFGbY 4x185	BG	40	40	30	20	18	18	20	20	16
3	CDC2	NYFGbY 4x185	Elek	40	40	30	20	18	18	20	20	16
4	LP-E	NYFGbY 4x35	BG	100	100	100	50	60	60	50	50	50
5	PP-WT	NYFGbY 4x16	Pompa	100	100	90	60	60	50	60	200	50
6	LP-A	NYFGbY 4x35	Mesin	100	50	5	50	50	14	50	50	15
7	LP-C	NYFGbY 4x70	Elek	15	20	17	10	5	12	22	20	22
8	LP-M	NYFGbY 4x50	MRC	150	150	180	80	90	110	50	50	50
9	PP-GA	NYFGbY 4x185	Auto	20	20	18	12	12	10	12	12	10
10	PP-IB	NY 4 x 6	Elek	150	150	180	80	90	110	50	50	50
11	PP-ID	NY 4 x 10	Elek	220	220	220	220	220	100	50	50	50
12	PP-HA	NY 4 x 240	Mesin	150	200	150	90	90	90	90	90	90
13	PP-CU2	NY 4x50	Lecture	220	220	220	80	90	90	50	50	50
14	LP-A/EA	NY 4 x 4	Mesin	100	50	5	50	50	14	50	50	15

Berdasarkan standar tahanan isolasi 20 s.d 5,568 MΩ, hasil pengamatan seperti tabel 4,17 pada panel LVMDP yang menggunakan kabel tanah NYFGbY 4x240 diperoleh tahanan isolasi antar fasa-fasa dan fasa-netral berkisar antara 40 s.d 18 MΩ. Dengan

demikian kelayakan dan kehandalan instalasi kabel tanah NYFGbY 4x240 pada panel LVMDP dapat dikatakan masih layak dan handal digunakan dalam kurun waktu tertentu.

3. Keseimbangan beban.

Hasil pengamatan pendistribusian tenaga listrik dalam keseimbangan beban pada panel LVMDP setiap arus fasa dan arus netral dapat dilihat tabel 4.18 dibawah ini;

Tabel 4. 18 Hasil Pengukuran Keseimbangan Beban Pada Panel

No	Panel	Jenis Kabel	Unit	R	S	T	Net	Stand	R	S	T
				A	A	A	A	A	%	%	%
1	LVMDP	NYFGbY 4x240	Utama	197,5	163,1	171,9	55	177,5	11,27	-8,11	-3,15
2	CDC1	NYFGbY 4x185	BG	18,31	20,67	19,93	21,1	19,636667	-6,76	5,262	1,494
3	CDC2	NYFGbY 4x185	Elek	49,4	33,04	47,58	25	43,34	13,98	-23,8	9,783
4	LP-E	NYFGbY 4x35	BG	12,1	12,05	12,04	0,2	12,063333	0,304	-0,11	-0,19
5	PP-WT	NYFGbY 4x16	Pompa	3,07	2,95	3	0,3	3,0066667	2,106	-1,88	-0,22
6	LP-A	NYFGbY 4 x35	Mesin	11,92	12,13	14,36	6,5	12,803333	-6,9	-5,26	12,16
7	LP-C	NYFGbY 4x70	Elek	38,8	16,35	19,72	28,2	24,956667	55,47	-34,5	-21
8	LP-M	NYFGbY 4x50	MRC	14,77	7,59	22,72	16	15,026667	-1,71	-49,5	51,2
9	PP-GA	NYFGbY 4x185	Autom	0,11	0,13	0,13	0,2	0,1233333	-10,8	5,405	5,405
10	PP-IB	NYY 4x6	Elek	3,41	4,14	3,27	4,5	3,6066667	-5,45	14,79	-9,33
11	PP-ID	NYY 4x10	Elek	0,11	0,13	0,13	0,2	0,1233333	-10,8	5,405	5,405
12	PP-HA	NYY 4 x 240	Mesin	90	93,69	84,97	0,2	89,553333	0,499	4,619	-5,12
13	PP-CU2	NYY 4x50	Lecture	65,53	67,98	67,01	2,2	66,84	-1,96	1,706	0,254
14	PP-EA	NYY 4x 4	Mesin	10,59	10,42	10,43	20,2	10,48	1,05	-0,57	-0,48

Berdasarkan hasil perhitungan yang bisa dipedomani sebagai standar keseimbangan beban disetiap fasa suatu instalasi tenaga listrik adalah $\pm 2\%$ dari beban keseluruhan. Tabel 4.18 terlihat pendistribusian tenaga listrik untuk panel LVMDP setiap fasa terjadi ketidak keseimbangan beban seperti fasa R=11,27%, fasa S=8,11% dan fasa T=3,15%. Kerena ketidak seimbangan beban salah satu sebab besarnya arus yang

terdapat pada penghantar netral sebesar (I_{Net}) 55 A, dalam hal ini diperlukan pengimbangan beban setiap fasa di panel LVMDP.

4. Perbandingan Daya Terpasang Dan Daya Terpakai.

Hasil pengamatan perbandingan daya terpasang dan daya terpakai dari panel LVMDP berdasarkan perencanaan semula dapat dilihat tabel 4.19 dibawah ini;

Tabel 4. 19
Perbandingan daya terpasang dan daya terpakai
Berdasarkan sampel pada tiap-tiap panel .
Distribusi daya pada jaringan listrik FT UNP Padang.

No	Panel	Lokasi	Daya terpasang KVA	Daya terpakai KVA	KVA %	PF %
1	LVMDP	Utama	206,65	118,60	57,392	0,92
2	CDC1	BG	61,57	13,00	21,114	0,61
3	CDC2	Elek	47,78	29,26	61,239	0,98
4	LP-E	BG	15,76	5,81	36,865	0,6
5	PP-WT	Pompa	25,00	2,03	8,120	0,81
6	LP-A	Mesin	25,80	8,67	33,605	0,98
7	LP-C	Elek	22,50	16,82	74,756	0,97
8	LP-M	MRC	17,10	9,90	57,895	0,96
9	PP-GA	Autom	94,76	85,25	89,964	0,41
10	PP-IB	Elek	10,00	2,46	24,600	0,64
11	PP-ID	Elek	89,09	85,25	95,690	0,41
12	PP-HA	Mesin	94,76	95,70	100,992	0,38
13	PP-CU2	Lecture	42,00	1,62	3,857	0,48
14	LP-A/EA	Mesin	13,28	7,02	52,861	0,56

Daya terpasang sesuai dari rencana sebesar 206,65 kVA dengan peralatan keperluan panel, setelah dilakukan pengamatan daya terpakai pada panel LVMDP sebesar 118,60 kVA dengan faktor kerja (pf) 0,92. Jadi daya terpakai hanya baru 57,392%, untuk itu masih bisa penambahan beban tanpa melakukan penambahan komponen lain. Dengan demikian instalasi tenaga listrik maupun peralatan pengamanan pada panel LVMDP masih cukup melayani layak dan handal untuk penambahan beban baru dari yang telah ada sekarang ini.

5. Distorsi Harmonisa Terhadap Tegangan Dan Arus.

Hasil pengukuran jaringan terdistorsi tegangan dan arus terhadap beban yang dilayani oleh panel LVMDP setiap fasa tegangan dan arus dapat dilihat tabel 4.20 dibawah ini;

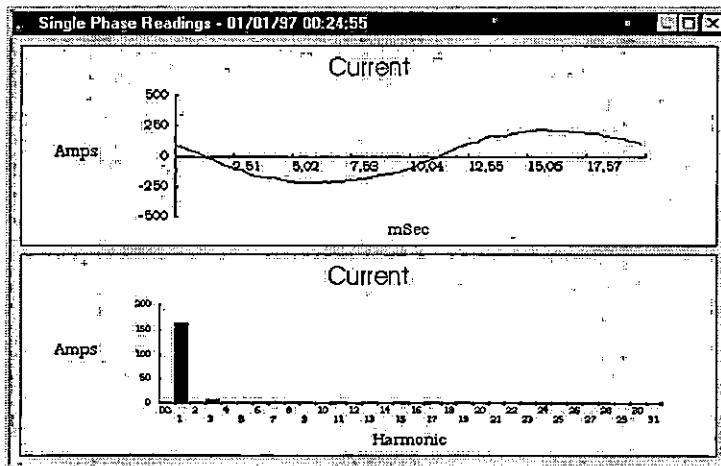
Tabel 4. 20 Panel LVMDP Data Hasil Pengukuran Dengan Fluke 41 Total Harmonic Distortion Voltages and Current

No	Panel	V Rms	V Thd	I Rms	I Thd	PF	DPF
1	R-S	387,80	1,91	169,80	3,47	0,98	0,98
2	R-T	385,10	1,73	175,20	3,53	0,66	0,65
3	S-T	387,20	1,88	138,70	4,66	0,97	0,98
4	R-Net	221,90	1,81	197,50	3,34	0,89	0,90
5	S-Net	224,00	2,15	163,10	6,22	0,93	0,93
6	T-Net	222,70	1,76	171,90	3,07	0,95	0,95

Hasil pengukuran pengaruh harmonik beban dilakukan dengan power harmonic analyzer Fluke 41 B, standar pengaruh harmonik terhadap tegangan dan arus dalam jaringan listrik seperti pada Tabel 2.1, VTHD = 5% dan ITHD = 8%. Sedangkan hasil pengukuran analyzer Fluke 41 B seperti tabel 4.20, dimana distorsi gelombang tegangan (VThd) diperoleh antara 1,73 s.d 2,15%, hal ini masih dalam ambang batas yang dibenarkan adalah < 5%. Distorsi terhadap gelombang arus (ITHD) diperoleh antara 3,07 s.d 6,22% juga masih dalam batas yang dibenarkan adalah < 5%. Faktor kerja yang terdapat pada jaringan panel LVMDP berkisar dari 0,66 s.d 0,98. Dengan adanya faktor kerja (pf) 0,66 antar fasa R-T hal ini disebabkan adanya beban induktif yang lebih besar juga pembagian beban yang tak seimbang.

6. Bentuk Grafik Gelombang Arus Dan Spektrum Golombang.

Hasil pengukuran bentuk gelombang arus yang terdistorsi terhadap beban yang dilayani oleh panel LVMDP dapat dilihat pada grafik 4.1 dibawah ini;



Grafik. 4.1 - Harmonisa Arus Panel LVMDP

Bentuk gelombang arus yang terdistorsi terdapat pada panel LVMDP seperti terlihat data spektrum harmonisa orde ganjil Grafik 4.1 dan Tabel 4.34 terlampir, dimana terjadi kecacatan gelombang arus pada orde 3, 5, 7 dan 13. dengan demikian diperlukan perbaikan bentuk gelombang arus dengan filter pasif atau filter aktif.

B. Panel CDC1 (Sub Panel Distribusi Tenaga Listrik Blok Building)

Panel CDC1 adalah sumber energi listrik, melalui panel ini yang melayani setiap panel di Jurusan Teknik Mesin, Jurusan Teknik Sipil dan Pompa Air Secara teknis panel CDC1 melayani panel-panel LP-A, LP-E dan PP-WT seperti terlihat pada (Terlampir, Gambar 4.2) wiring diagram panel CDC1 beban. Bila terjadi gangguan listrik pada panel ini akan terganggu semua kelistrikan di Jurusan Teknik Mesin, Jurusan Teknik Sipil dan Pompa Air, oleh sebab itu sangat diperlukan sekali perawatan dan pengecekan semua komponen yang ada pada panel tersebut. Dari hasil pengamatan yang berhubungan dengan kelayakan dan keandalan jaringan listrik yang ditinjau dari aspek drop tegangan, tahanan isolasi, keseimbangan beban, distorsi harmonisa dan spektrum gelombang arus dan tegangan yang terkandung pada jaringan tersebut.

1. Drop tegangan.

Hasil pengukuran drop tegangan pada panel CDC1 antara fasa-fasa dan netral-fasa dapat dilihat tabel 4.4 dibawah ini;

Tabel 4. 4 Tegangan Drop Sistem Distribusi Daya Panel CDC1

No	Fasa	kVA	Vb	Ib	pF	Sin	X	Z	R	Vdrop
		VA	Volt	Amps	%	φ	Ohm	Ohm	Ohm	%
1	R - S	21,89	384,9	56,88	0,90	0,44	0,00677	0,01553	0,01397	4,778
2	R - T	26,33	384,6	68,48	0,87	0,49	0,00562	0,01139	0,00991	4,167
3	S - T	11,82	384,7	30,73	0,91	0,41	0,01252	0,03020	0,02748	5,036
4	R - N	4,04	220,4	18,31	0,91	0,41	0,01202	0,02900	0,02639	5,808
5	S - N	4,57	221,2	20,67	0,78	0,63	0,01071	0,01711	0,01335	3,506
6	T - N	4,39	220,1	19,93	0,64	0,77	0,01104	0,01436	0,00919	2,344

Berdasarkan standar yang dibenarkan oleh SPLN dan PUIL 2000 adalah 5 s.d 10 % instalasi listrik tenaga. Hasil yang diperoleh berdasarkan perhitungan untuk instalasi tenaga pada panel CDC1 yang menggunakan kabel tanah NYFGbY 4x185, pada fasa

R-S adalah dibawah ambang batas minimum dan maksimum 5,808%. Sedangkan dari hasil pengukuran drop tegangan antar fasa-fasa dan fasa netral berkisar 2.344 s.d 5,808% dapat dikatakan masih layak dan handal digunakan.

2. Tahanan Isolasi Kabel Tanah.

Berdasarkan standar tahanan isolasi 20 s.d 5,568 $M\Omega$, hasil pengamatan seperti tabel 4.17 pada panel CDC1 yang menggunakan kabel tanah NYFGbY 4x185 diperoleh tahanan isolasi antar fasa-fasa dan fasa-netral berkisar 16 s.d 20 $M\Omega$. Dengan demikian kelayakan dan kehandalan instalasi kabel tanah NYFGbY 4x185 pada panel CDC1 dapat dikatakan masih layak dan handal digunakan dalam waktu tertentu.

3. Keseimbangan Beban.

Berdasarkan hasil perhitungan yang bisa dipedomani sebagai standar keseimbangan beban disetiap fasa suatu instalasi listrik adalah $\pm 2\%$, dari beban keseluruhan. Tabel 4.18 terlihat pendistribusian tenaga listrik untuk panel CDC1 setiap fasa terjadi ketidak keseimbangan beban seperti R = 8,76%, fasa S = 5,262% dan fasa T = 3,15%. Kerena ketidak seimbangan beban salah satu disebabkan besarnya arus pada penghantar netral (I_{Net}) = 21,1 A, dalam hal ini diperlukan pengeimbangan beban setiap fasa di panel CDC1.

4. Perbandingan Daya Terpasang Dan Terpakai.

Daya terpasang dan daya terpakai dari pengamatan seperti tabel 4.19, daya terpasang pada CDC1 61,57 kVA dan daya terpakai 13,00kVA, sedangkan faktor kerja jaringan (pf) 0,61. Dengan demikian daya terpakai hanya 21,114% oleh sebab itu masih bisa penambahan beban pada panel DCD1, diperolehnya faktor kerja jaringan bernilai pf = 0,61, hal ini diperlukan perbaikan faktor kerja dengan memasang bank kapasitor.

5. Distorsi Harmonisa Terhadap Tegangan Dan Arus.

Hasil pengukuran jaringan terdistorsi tegangan dan arus terhadap beban yang dilayani oleh panel CDC1 setiap fasa tegangan dan arus dapat dilihat tabel 4.21 dibawah ini;

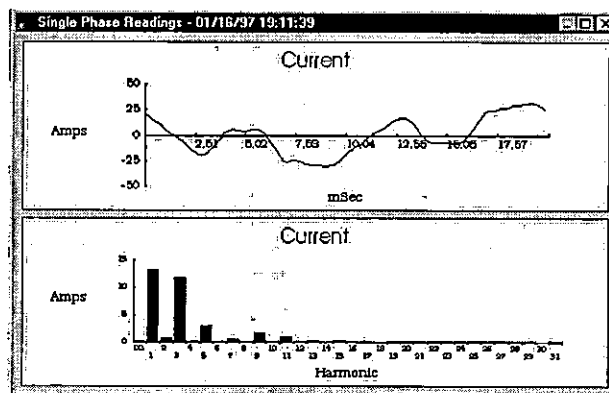
Tabel. 4. 21 Panel CDC1
Data Hasil Pengukuran Dengan Fluke 41
Total Harmonic Distortion Voltages and Current

No	Panel	V Rms	V Thd	I Rms	I Thd	PF	DPF
1	R-S	384,90	2,95	56,88	11,13	0,90	0,90
2	R-T	384,60	2,83	68,46	5,38	0,87	0,86
3	S-T	384,70	2,77	30,73	9,47	0,91	0,91
4	R-Net	220,40	2,96	18,31	68,82	0,42	0,59
5	S-Net	221,20	3,05	20,67	61,53	0,78	0,99
6	T-Net	220,10	2,79	19,93	64,20	0,64	0,84

Hasil pengukuran pengaruh harmonik beban dilakukan dengan power harmonic analyzer Fluke 41 B, standar pengaruh harmonik terhadap tegangan dan arus dalam jaringan listrik seperti pada Tabel 2.1, VTHD = 5% dan ITHD = 8%. Sedangkan hasil pengukuran analyzer Fluke 41 B seperti tabel 4.21, dimana distorsi gelombang tegangan (VThd) diperoleh antara 2,79 s.d 3,05%, hal ini masih dalam ambang batas yang dibenarkan adalah < 5%. Distorsi terhadap gelombang arus (IThd) diperoleh antara 5,38 s.d 68,82% terdapat diatas batas yang dibenarkan adalah 5%. Distorsi arus pada jaringan diperlukan perbaikan atau meredam pengaruh harmonisa. Faktor kerja yang terdapat pada jaringan panel CDC1 berkisar dari 0,59 s.d 0,99. Dengan adanya faktor kerja (pf) 0,59 antar fasa R dan Netral, hal ini disebabkan adanya beban induktif yang lebih besar juga pembagian beban yang tak seimbang.

6. Bentuk Grafik Gelombang Arus Dan Spektrum Galombang.

Hasil pengukuran bentuk gelombang arus yang terdistorsi terhadap beban non linear dilayani panel CDC1 dapat dilihat pada grafik 4.2 dibawah ini;



Grafik. 4. 2 . - Harmonisa Arus Panel CDC1

Bentuk gelombang arus yang terdistorsi pada jaringan panel CDC1 seperti data spektrum orde ganjil. Grafik 4.2 dan tabel 4.35 terlampir, dimana terjadi kecacatan gelombang arus pada orde 3, 5, 9 dan 11, dengan demikian diperlukan perbaikan atau peredaman bentuk gelombang arus dengan filter pasif atau filter aktif.

C. Panel CDC2 (Sub Panel Distribusi Tenaga Listrik Blok Elektro)

Panel CDC2 adalah sumber energi listrik, melalui panel ini yang melayani setiap panel di Jurusan Teknik Elektro, MRC, Kantor Fakultas dan Rumah Rekto. Secara teknis panel CDC2 melayani panel-panel LP-CA, LP-C, LP-N, LO-AN dan LP-CV seperti terlihat pada (Terlampir, Gambar 4.3) wiring diagram panel CDC2 kebeban. Bila terjadi gangguan listrik pada panel ini akan terganggu semua kelistrikan di Jurusan Teknik Elektro, MRC, Kantor Fakultas dan Rumah Rektor, oleh sebab itu sangat diperlukan sekali perawatan dan pengecekan semua komponen yang ada pada panel tersebut. Dari hasil pengamatan yang berhubungan dengan kelayakan dan kehandalan jaringan listrik yang ditinjau dari aspek drop tegangan, tahanan isolasi, keseimbangan beban, distorsi harmonisa dan spektrum gelombang arus dan tegangan yang terkandung pada jaringan tersebut.

1. Drop Tegangan.

Hasil pengukuran drop tegangan pada panel CDC2 antara fasa-fasa dan netral-fasa dapat dilihat tabel 4.5 dibawah ini;

Tabel 4. 5 Tegangan Drop Sistem Distribusi Daya Panel CDC2

No	Fasa	kVA	Vb	Ib	pF	Sin	X	Z	R	Vdrop
		VA	Volt	Amps	%	ϕ	Ohm	Ohm	Ohm	%
1	R – S	6,1	388	15,7	0,69	0,72	0,02468	0,03410	0,02353	2,331
2	R – T	12,8	388	33,1	0,88	0,47	0,01176	0,02476	0,02179	4,363
3	S – T	12,8	388	33,1	0,88	0,47	0,01176	0,02476	0,02179	4,363
4	R – N	11,1	225	49,4	0,98	0,20	0,00456	0,02292	0,02246	11,628
5	S – N	7,5	226	33	0,99	0,14	0,00681	0,04828	0,04779	15,787
6	T – N	10,7	225	47,6	0,99	0,14	0,00473	0,03354	0,0332	15,890

Berdasarkan standar yang dibenarkan oleh SPLN dan PUIL 2000 adalah 5 s.d 10% untuk instalasi listrik tenaga. Hasil yang diperoleh berdasarkan perhitungan untuk instalasi tenaga pada panel CDC2 yang menggunakan kabel tanah NYFGbY 4x185, pada fasa R_Netral 11,628%, fasa S-Netral 15,787% dan T-Netral 15,890% dalam hal

ini diatas drop tegangan yang diizinkan, mungkin disebabkan beban tak seimbang juga ada beberapa kontak hubung yang tidak terhubung dengan baik. Oleh sebab itu diperlukan perhatian khusus atau perawatan terhadap panel CDC2 tersebut.

2. Tahanan Isolasi Kabel Tanah.

Berdasarkan standar tahanan isolasi 20 s.d 5,568 M Ω , hasil pengamatan seperti tabel 4.17 pada panel CDC2 yang menggunakan kabel tanah NYFGbY 4x185 diperoleh tahanan isolasi antar fasa-fasa dan fasa netral berkisar antara 16 s.d 20 M Ω . Dengan demikian kelayakan dan kehandalan instalasi kabel tanah NYFGbY 2x185 pada panel CDC2 dapat dikatakan masih layak dan handal digunakan dalam kurun waktu tertentu.

3. Keseimbangan Beban.

Berdasarkan hasil perhitungan yang bisa dipedomani sebagai standar keseimbangan beban disetiap fasa suatu instalasi tenaga listrik adalah $\pm 2\%$, dari beban keseluruhan. Tabel 4.18 terlihat pendistribusian tenaga listrik untuk panel CDC2 setiap fasa terjadi ketidak keseimbangan beban seperti fasa R = 13,98%, fasa S = 5,262% dan fasa T = 9,783%. Karena ketidak seimbangan beban salah satu sebab besarnya arus yang terdapat pada penghantar netral (I_{Net}) = 25 A, oleh sebab itu diperlukan pengimbangan beban setiap fasa di panel CDC2.

4. Perbandingan Daya Terpasang Dan Daya Terpakai.

Daya terpasang sesuai rencana sebesar 47,78 kVA dengan peralatan keperluan panel, setelah dilakukan pengamatan daya terpakai pada panel CDC2 sebesar 29,26 kVA, dengan faktor kerja (pf) 0,98. Jadi daya terpakai hanya 61,239% (tabel 4.19), untuk itu masih bisa penambahan beban tanpa melakukan perolahan komponen lainnya. Dengan demikian instalasi tenaga listrik maupun peralatan pengamanan pada panel CDC2 masih cukup melayani dan handal pada keadaan sekarang ini.

5. Distorsi Harmonisa Terhadap Tegangan Dan Arus.

Hasil pengukuran jaringan terdistorsi tegangan dan arus terhadap beban non linear yang dilayani leh panel CDC2 setiap fasa tegangan dan arus dapat dilihat tabel 4.22 dibawah ini;

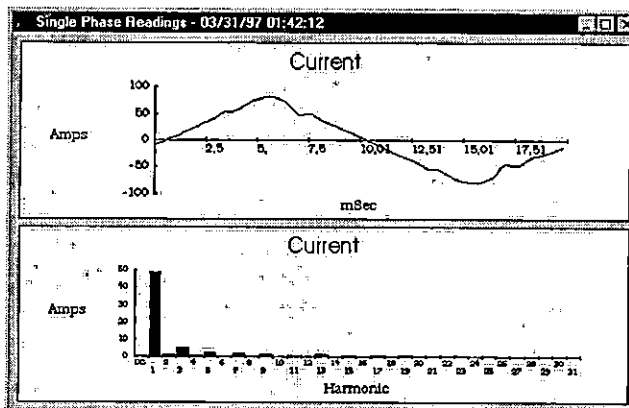
Tabel. 4. 22 Panel CDC2
Data Hasil Pengukuran Dengan Fluke 41
Total Harmonic Distortion Voltages and Current

No	Panel	V Rms	V Thd	I Rms	I Thd	PF	DPF
1	R-S	387,80	2,22	15,70	9,36	0,69	0,70
2	R-T	387,90	2,20	33,09	15,70	0,88	0,89
3	S-T	387,90	2,20	33,09	15,70	0,88	0,89
4	R-Net	224,90	2,29	49,40	13,80	0,98	0,99
5	S-Net	225,60	2,15	33,04	14,40	0,99	1,00
6	T-Net	225,00	2,14	47,56	8,72	0,99	0,99

Hasil pengukuran pengaruh harmonik beban non linear dilakukan dengan power harmonic analyzer Fluke 41 B, standar pengaruh harmonik dari IEC 555/IEEE 519 terhadap tegangan dan arus dalam jaringan listrik tenaga seperti pada tabel 2.1, VTHD = 5% dan ITHD = 8%. Sedang hasil pengukuran analyzer Fluke 41 B seperti tabel 4.22, dimana distorsi gelombang tegangan (VTHD) diperoleh antara 2,14 s.d 2,29%, hal ini masih dalam ambang batas yang dibenarkan adalah < 5%. Distorsi terhadap gelombang arus (ITHD) diperoleh antara 8,72 s.d 15,70%, hal ini diatas batas yang dibenarkan adalah > 8%. Distorsi gelombang arus pada jaringan panel CDC2 diperlukan perbaikan atau meredam pengaruh harmonisa. Faktor kerja jaringan (pf) berlisar 0,69 s.d 0,99. Dengan adanya faktor kerja pada fasa R-S (pf) = 0,68, supaya dilakukan perbaikan faktor kerja tersebut dengan mengurangi beban induktif atau menggunakan kapasitor bank.

6. Bentuk Grafik Gelombang Arus Dan Spektrum Golombang.

Hasil pengukuran bentuk gelombang arus yang terdistorsi terhadap beban non linear dilayani panel CDC2 dapat dilihat pada grafik 4.3 dibawah ini;



Grafik. 4. 3 . - Harmonisa Arus Panel CDC2

Bentuk gelombang arus yang terdistorsi pada jaringan pada panel CDC2 seperti terlihat data spektrum harmonisa orde ganjil. Grafik 4.3 dan tabel 4.36 terlampir, dimana terjadi kecacatan gelombang arus pada orde 3, 5, 7 dan 9. dengan demikian diperlukan perbaikan bentuk gelombang arus saat beroperasi dengan filter harmonisa.

D. Panel LP-E (Panel Distribusi Tenaga Listrik Labor/Kantor Blok Building)

Panel LP-E adalah sumber energi listrik, melalui panel ini yang melayani setiap panel di Jurusan Teknik Sipil. Secara teknis panel LP-E melayani panel-panel PP-E dan LP-F seperti terlihat pada (Terlampir, Gambar 4.4) wiring diagram panel LP-E kebeban. Bila terjadi gangguan listrik pada panel ini akan terganggu semua kelistrikan di Jurusan Teknik Sipil, oleh sebab itu sangat diperlukan sekali perawatan dan pengecekan semua komponen yang ada pada panel tersebut. Dari hasil pengamatan yang berhubungan dengan kelayakan dan kehandalan jaringan listrik yang ditinjau dari aspek drop tegangan, tahanan isolasi, keseimbangan beban, distorsi harmonisa dan spektrum gelombang arus dan tegangan yang terkandung pada jaringan tersebut.

1. Drop Tegangan.

Hasil pengukuran drop tegangan pada panel LP-E antara fasa-fasa dan netral-fasa dapat dilihat tabel 4.6 dibawah ini;

Tabel 4. 6 Tegangan Drop Sistem Distribusi Daya Panel LP-E

No	Fasa	kVA	Vb	Ib	PF	Sin	X	Z	R	Vdrop
		VA	Volt	Amps	%	ϕ	Ohm	Ohm	Ohm	%
1	R – S	4,55	376,2	12,1	0,90	0,44	0,0311	0,07136	0,06422	4,780
2	R – T	4,55	375	12,14	0,81	0,59	0,03091	0,05270	0,04269	3,343
3	S – T	11,24	374,3	30,02	0,81	0,59	0,01246	0,02125	0,01722	3,340
4	R – N	2,62	216,5	12,1	0,91	0,41	0,01789	0,04315	0,03927	5,814
5	S – N	2,61	216,9	12,05	0,25	0,97	0,01803	0,01862	0,00465	0,630
6	T – N	2,59	214,4	12,04	0,66	0,75	0,01775	0,02362	0,01559	2,471

Berdasarkan standar yang dibenarkan oleh SPLN dan PUIL 2000 adalah 5 s.d 10% untuk instalasi listrik tenaga. Hasil yang diperoleh berdasarkan perhitungan untuk instalasi tenaga pada panel L-E yang menggunakan kabel NYFGbY 4x35 dan NYY 4x16, pada fasa R-N diatas ambang batas minimum sebesar 5,814%. Dari hasil perhitungan drop tegangan antar fasa dan fasa-netral berkisar 0,630 s.d 5,814% hal ini

dapat dikatakan instalasi listrik tenaga pada panel LP-E masih layak dan handal digunakan.

2. Tahanan Isolasi Kabel Tanah.

Tahanan isolasi kabel tanah dibenarkan 20 s.d 5,568 M Ω , hasil pengamatan dari panel LP-E yang menggunakan kabel NYFGbY 4x35 dan NYY 4x16, seperti terlihat pada tabel 4.17 tahanan isolasi antar fasa-fasa dan fasa-netral adalah 50 s.d 100 M Ω . Dengan demikian kelayakan dan kehandalan instalasi kabel tanah NYFGbY 4x35 dan NYY 4x16 pada panel LP-E dapat dikatakan masih layak dan handal digunakan dalam waktu sekarang ini.

3. Keseimbangan Beban.

Berdasarkan hasil perhitungan yang bisa dipedomani sebagai standar keseimbangan beban disetiap fasa suatu instalasi listrik adalah $\pm 2\%$ dari beban keseluruhan. Tabel 4.18 terlihat disetiap pendistribusian tenaga listrik untuk panel LP-E setiap fasa terjadi keseimbangan beban seperti fasa R = 0,304%, fasa S = 0,11% dan fasa T = 0,19%. Masalah pembagian beban pada panel LP-E disetiap fasa terdapat yang sangat seimbang, oleh sebab itu tidak diperlukan penyeimbangan beban pada panel tersebut. Dalam hal ini terlihat arus yang mengalir pada kawat netral (I_{Net}) = 0,2 A. ini dapat diabaikan pengaruh keseimbangan beban pada panel LP-E.

4. Perbandingan Daya Terpasang Dan Daya Terpakai.

Daya terpasang dan daya terpakai hasil pengamatan seperti tabel 4.19, daya terpasang pada panel LP-E adalah 15,78 kVA dan terpakai 5,81 kVA, hal ini beban terpakai sebesar 36,885% dengan faktor kerja jaringan $pf = 0,60$. Dengan demikian jaringan pada panel LP-E masih cukup melayani penambahan beban baru dari yang telah ada sekarang ini.

5. Distorsi Harmonisa Terhadap Tegangan Dan Arus.

Hasil pengukuran jaringan listrik terhadap distorsi gelombang tegangan dan arus yang dilayani oleh panel LP-E setiap fasa tegangan dan arus dapat dilihat tabel 4.23 dibawah ini;

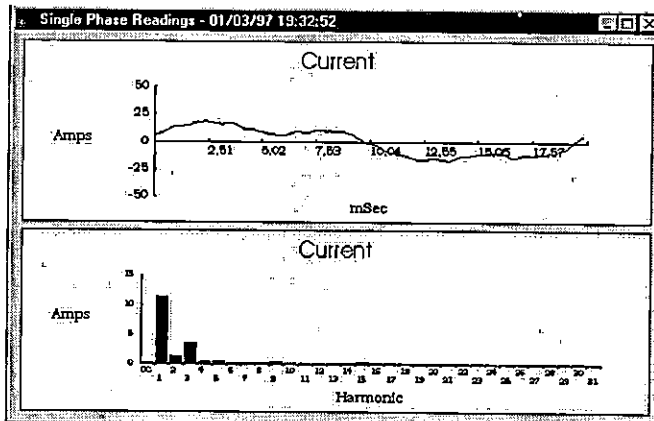
Tabel 4. 23 Panel LP-E
Data Hasil Pengukuran Dengan Fluke 41
Total Harmonic Distortion Voltages and Current

No	Panel	V Rms	V Thd	I Rms	I Thd	PF	DPF
1	R-S	376,20	2,42	12,10	11,88	0,90	0,90
2	R-T	375,00	2,19	12,14	11,43	0,81	0,82
3	S-T	374,30	2,20	30,02	6,20	0,81	0,81
4	R-Net	216,50	2,36	12,10	33,88	0,91	0,97
5	S-Net	216,90	2,50	12,05	30,33	0,25	0,28
6	T-Net	214,40	2,08	12,04	32,14	0,66	0,71

Hasil pengukuran pengaruh harmonik beban dilakukan dengan power harmonic analyzer Fluke 41 B, standar pengaruh harmonik terhadap tegangan dan arus dalam jaringan listrik seperti pada tabel 2.1, $V_{THD} = 5\%$ dan $I_{THD} = 8\%$. Sedangkan hasil pengukuran analyzer Fluke 41 B seperti tabel 4.23, dimana distorsi gelombang tegangan (V_{THD}) diperoleh antara 2,08 s.d 2,50%, hal ini masih dalam ambang batas yang dibenarkan adalah $< 5\%$. Distorsi terhadap gelombang arus (I_{THD}) diperoleh antara 6,20 s.d 33,88% terdapat diatas batas yang dibenarkan adalah $> 5\%$. Distorsi arus terdapat pada jaringan diperlukan perbaikan atau meredam pengaruh harmonisa. Faktor kerja yang terdapat pada jaringan panel LP-E berkisar dari 0,28 s.d 0,90. Dengan adanya faktor kerja (pf) 0,28 diperlukan perhatian khusus terhadap beban fasa-netral , mungkin beban pada line tersebut terlalu dominan beban induktif, untuk itu diperlukan perbaikan faktor kerja pada fasa line pada panel LP-E.

6. Bentuk Grafik Gelombang Arus Dan Spektrum Gelombang.

Hasil pengukuran bentuk gelombang arus terdistorsi terhadap beban non linear yang dilayani panel LP-E dapat dilihat pada grafik 4.4 dibawah ini;



Grafik. 4. 4 . - Harmonisa Arus Panel Bangunan LP-E

Bentuk gelombang arus yang terdistorsi pada jaringan panel LP-E seperti data spektrum orde ganjil. Grafik 4.4 dan tabel 4.36 terlampir, dimana terjadi kecacatan gelombang arus pada orde 3, 5, 9 dan 11, dengan demikian diperlukan perbaikan bentuk gelombang arus saat beroperasi dengan filter harmonisa.

E. Panel PP-WT (Panel Distribusi Tenaga Listrik Pompa Air FT-UNP)

Panel PP-WTL adalah sumber energi listrik yang melayani unit Pompa Air di Fakultas Teknik UNP Padang . Secara teknis panel PP-WT dilayani dari panel CDC1, seperti terlihat pada (Terlampir,Gambar 4.2) wiring diagram panel PP-WT beban. Bila terjadi gangguan listrik pada panel ini akan terganggu semua ke butuhan air untuk FT UNP, oleh sebab itu senganat diperlukan sekali perawatan dan pengecekan semua komponen yang ada pada panel tersebut. Dari hasil pengamatan yang berhubungan dengan kelayakan dan kehandalan jaringan listrik yang ditinjau dari aspek drop tegangan, tahanan isolasi, keseimbangan beban, distorsi harmonisa dan spektrum gelombang arus dan tegangan yang terkandung pada jaringan tersebut.

1. Drop tegangan.

Hasil pengukuran drop tegangan pada panel PP-WT antara fasa-fasa dan netral-fasa dapat dilihat tabel 4.7 dibawah ini;

Tabel 4. 7 Tegangan Drop Sistem Distribusi Daya Panel PP- WT

No	Fasa	kVA	Vb	Ib	pF	Sin	X	Z	R	Vdrop
		VA	Volt	Amps	%	ϕ	Ohm	Ohm	Ohm	%
1	R - S	1,25	390,8	3,21	0,99	0,14	0,12218	0,86611	0,85745	13,798
2	R - T	1,19	388,4	3,07	0,99	0,14	0,12677	0,89864	0,88965	13,776
3	S - T	1,15	391,1	2,94	0,42	0,91	0,13301	0,14656	0,06156	1,064
4	R - N	0,69	225,3	3,07	0,81	0,59	0,07357	0,12545	0,10161	3,867
5	S - N	0,67	226,4	2,95	0,81	0,59	0,0765	0,13046	0,10567	3,845
6	T - N	0,67	224,7	3	0,82	0,57	0,07536	0,13166	0,10796	4,014

Berdasarkan standar yang dibenarkan oleh SPLN dan PUIL 2000 adalah 5 s.d 10% untuk instalasi listrik tenaga. Hasil yang diperoleh berdasarkan perhitungan untuk instalasi tenaga pada panel PP-WT yang menggunakan kabel tanah NYFGbY 4x16, pada tabel 4.7 fasa R-S 13,798% dan R-T 13,776% hal ini diatas ambang batas yang diizinkan > 10%. Sedangkan terhadap fasa yang lain drop tegangan berkisar 1,064 % s.d 4,014% dibawah batas yang diizinkan < 10%. Oleh sebab itu yang perlu mendapat perhatian pada panel PP-WT adalah fasa R, mungkin saja kontak hubung atau kontak yang terdapat pada fasa R terjadi kerusakan atau berkarat.

2. Tahanan Isolasi Kabel Tanah.

Berdasarkan standar tahanan isolasi 20 s.d 5,568 MΩ, hasil pengamatan dalam tabel 4.17 pada panel PP-WT yang menggunakan kabel tanah NYFGbY 4x16 diperoleh tahanan isolasi antar fasa-fasa dan fasa-netral berkisar 50 s.d 200 MΩ. Dengan demikian kelayakan dan kehandalan instalasi kabel tanah NYFGbY 4x16 pada panel PP-WT dapat dikatakan masih layak dan handal dioperasikan karena tahanan isolasi > 20 MΩ dalam waktu sekarang ini.

3. Keseimbangan Beban.

Berdasarkan hasil perhitungan yang bisa dipedomani sebagai standar keseimbangan beban disetiap fasa suatu instalasi adalah $\pm 2\%$ dari beban keseluruhan. Tabel 4.18 terlihat pendistribusian tenaga listrik untuk panel PP-WT setiap fasa terjadi mendekati keseimbangan beban seperti fasa R 2,106%, fasa S 1,88% dan fasa T 0,22%. Dalam hal ini adanya arus pada kawat netral sebesar (I_{Net}) = 0,3 A disebabkan adanya kontak hubung yang tidak terhubung dengan sempurna.

4. Perbandingan Daya Terpasang Dan Daya Terpakai.

Daya terpasang dan daya terpakai dari pengamatan seperti tabel 4.19, daya terpasang pada panel PP-WT 25 kVA dan terpakai 2,03 kVA dan faktor kerja (pf) = 0,81. Dengan demikian daya terpakai hanya 8,120% oleh sebab itu masih bisa penambahan beban pada panel PP-WT, dapat dikatakan cukup layak dan handal dalam penambahan beban untuk masa yang akan datang.

5. Distorsi Harmonisa Terhadap Tegangan Dan Arus.

Hasil pengukuran jaringan terdistorsi gelombang tegangan dan arus terhadap beban yang dilayani oleh panel PP-WT setiap fasa tegangan dan arus dapat dilihat tabel 4.24 dibawah ini;

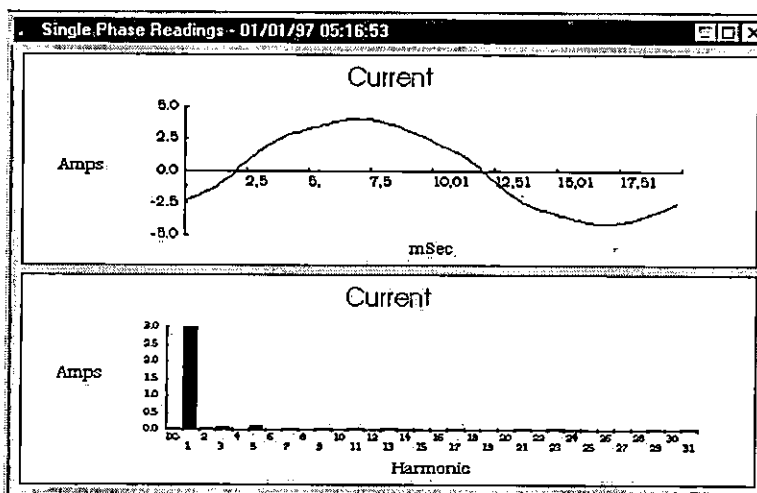
Tabel. 4. 24 Panel PP-WT
Data Hasil Pengukuran Dengan Fluke 41
Total Harmonic Distortion Voltages and Current

No	Panel	V Rms	V Thd	I Rms	I Thd	PF	DPF
1	R-S	390,80	1,96	3,21	4,74	0,99	0,99
2	R-T	388,40	1,88	3,07	5,71	0,99	1,00
3	S-T	391,30	1,90	2,94	5,11	0,42	0,43
4	R-Net	225,30	1,85	3,07	4,62	0,81	0,80
5	S-Net	226,40	2,10	2,95	2,95	0,81	0,81
6	T-Net	224,70	1,96	3,00	5,11	0,82	0,82

Hasil pengukuran pengaruh harmonik beban dilakukan dengan power harmonic analyzer Fluke 41 B, standar IEC 555/IEEE 519 pengaruh harmonik terhadap tegangan dan arus dalam jaringan listrik seperti pada tabel 2.1, $V_{THD} = 5\%$ dan $I_{THD} = 8\%$. Sedangkan hasil pengukuran analyzer Fluke 41 B seperti tabel 4.24, dimana distorsi gelombang tegangan (V_{THD}) diperoleh 2,77% s.d 3,05%, hal ini masih dalam ambang batas yang dibenarkan adalah $< 5\%$. Distorsi terhadap gelombang arus (I_{THD}) diperoleh antara 5,38 s.d 68,82% terdapat diatas batas yang dibenarkan $> 8\%$. Distorsi arus pada jaringan diperlukan perbaikan atau meredam pengaruh harmonisa. Faktor kerja yang terdapat pada jaringan panel PP-WT berkisar dari (pf) 0,42 s.d 0,91. Dengan adanya faktor kerja (pf) 0,42 antar fasa S-T, hal ini disebabkan adanya hubungan kontak-kontak yang tidak terhubung dengan sempurna.

6. Bentuk Grafik Gelombang Arus Dan Spektrum Golombang.

Hasil pengukuran bentuk gelombang arus yang terdistorsi terhadap beban non linear dilayani panel PP-WT dapat dilihat pada grafik 4.5 dibawah ini;



Grafik.4. 5 . - Harmonisa Arus Panel PP-WT

Bentuk gelombang arus yang terdistorsi pada jaringan panel PP-WT seperti data spektrum orde ganjil. Grafik 4.5 dan tabel 4.38 terlampir, dimana terjadi kecacatan gelombang arus pada orde 3, 5, 7, 9, dan 11, dengan demikian diperlukan perbaikan atau meredam bentuk gelombang arus yang cacat dengan filter pasif arau filter aktif.

F. Panel LP-A (Panel Distribusi Tenaga Listrik Blok Mechanical)

Panel LP-A adalah sumber energi listrik, melalui panel ini yang melayani Jurusan Teknik Mesin. Secara teknis panel LP-A melayani panel-panel PP-A dan LP-B terlihat pada (Terlampir, Gambar 4.6) wiring diagram panel LP-A ke beban. Bila terjadi gangguan listrik pada panel ini akan terganggu semua kelistrikan Kantor Jurusan Teknik Mesin, Lokal Kuliah Dan Labor-Labor, oleh sebab itu sangat diperlukan sekali perawatan dan pengecekan semua komponen yang ada pada panel tersebut. Dari hasil pengamatan yang berhubungan dengan kelayakan dan kehandalan jaringan listrik yang ditinjau dari aspek drop tegangan, tahanan isolasi, keseimbangan beban, distorsi harmonisa dan spektrum gelombang arus dan tegangan yang terkandung pada jaringan tersebut.

1. Drop Tegangan.

Hasil pengukuran drop tegangan pada panel LP-A antara fasa-fasa dan netral – fasa dapat dilihat tabel 4.8 dibawah ini;

Tabel 4. 8 Tegangan Drop Sistem Distribusi Daya Panel LP- A

No	Fasa	kVA	Vb	Ib	PF	Sin	X	Z	R	Vdrop
		VA	Volt	Amps	%	ϕ	Ohm	Ohm	Ohm	%
1	R - S	3,93	389,8	10,09	0,86	0,51	0,03866	0,07577	0,06516	4,003
2	R - T	5,87	389,3	15,09	0,80	0,60	0,02582	0,04303	0,03442	3,236
3	S - T	5,87	389,3	15,09	0,80	0,60	0,02582	0,04303	0,03442	3,236
4	R - N	2,7	226,8	1,92	0,97	0,24	0,01905	0,07837	0,07602	1,561
5	S - N	2,74	228	12,13	0,30	0,95	0,01897	0,01989	0,00597	0,796
6	T - N	3,23	224,9	14,36	1,00	-	0,01566	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!

Berdasarkan standar yang dibenarkan oleh SPLN dan PUIL 2000 adalah 5 s.d 10% untuk instalasi listrik tenaga. Hasil yang diperoleh berdasarkan perhitungan drop tegangan untuk instalasi tenaga listrik pada panel LP-A yang menggunakan kabel tanah NYFGbY 4x35, antar fasa-fasa dan fasa-netral berkisar 0,796 s.d 4,003%, hal ini dibawah yang ditetapkan untuk drop tegangan pada instalasi listrik tenaga < 5%. Untuk itu instalasi listrik tenaga yang digunakan masih dapat dikatakan layak dan handal digunakan.

2. Tahanan Isolasi Kabel Tanah.

Berdasarkan standar tahanan isolasi kabel tanah 20 s.d 5,568 M Ω , hasil pengamatan seperti tabel 4.17 pada panel LP-A yang menggunakan kabel tanah NYFGbY 4x35 diperoleh tahanan isolasi antar fasa-fasa dan fasa-netral berkisar 5 s.d 100 M Ω .

Dengan demikian tahanan isolasi antar fasa S-T adalah $5\text{ M}\Omega$, ini kecil dari yang ditetapkan minimal $5,568\text{ M}\Omega$, oleh sebab itu tahanan isolasi kabel tanah fasa S-T sangat diragukan kelayakan dan kehandalan dalam pengoperasian instalasi listrik tanaga pada panel LP-A tersebut.

3. Keseimbangan Beban.

Berdasarkan hasil perhitungan yang bisa dipedomani sebagai standar keseimbangan beban sisetiap fasa suatu instalasi adalah $\pm 2\%$ dari beban keseluruhan. Tabel 4.18 terlihat pendistribusian tenaga listrik untuk panel LP-A setiap fasa terjadi ketidak keseimbangan beban seperti fasa R = 6,9 %, fasa S = 5,26% dan fasa T = 12,16 %, hal ini sangat besar dari yang ditetapkan adalah $\pm 2\%$. Karena ketidak seimbangan beban salah satu pengaruhnya terhadap adanya arus pada kawat netral sebesar $(I_{Net})= 6,5\text{ A}$, untuk itu pada panel LP-A diperlukan penyeimbangan beban untuk setiap fasa.

4. Perbandingan Daya Terpasang Dan Daya Terpakai.

Sedangkan daya terpakai pada panel ini baru hanya 33,6047% dengan faktor kerja jaringan $pf = 0,98$ Terlihat pada tabel 18. Dengan demikian jaringan pada panel LP-A masih cukup melayani penambahan beban baru dari yang telah ada sekarang ini

5. Distorsi Harmonisa Terhadap Tegangan Dan Arus.

Hasil pengukuran jaringan terdistorsi harmonisa tegangan dan arus terhadap beban yang dilayani oleh panel LP-A, setiap fasa tegangan dan arus dapat dilihat table 4.25 dibawah ini;

Tabel. 4. 25 Panel LP- A
Data Hasil Pengukuran Dengan Fluke 41
Total Harmonic Distortion Voltages and Current

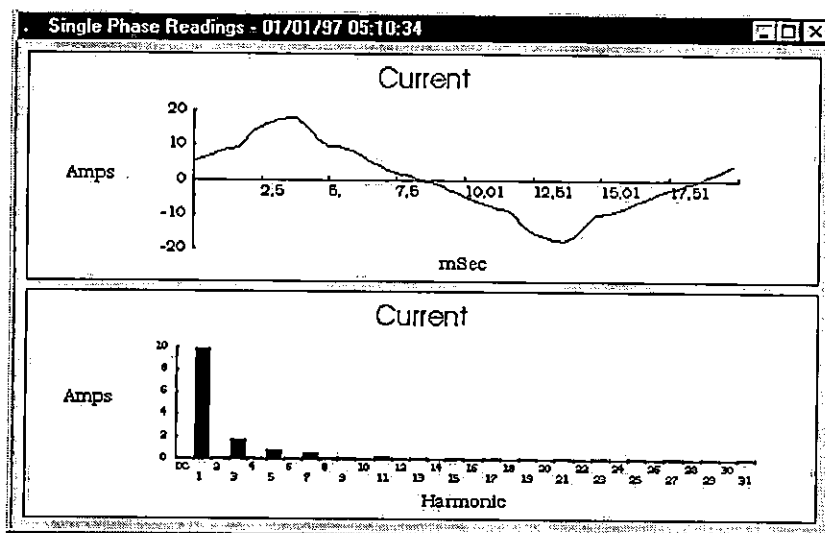
No	Panel	V Rms	V Thd	I Rms	I Thd	PF	DPF
1	R-S	389,80	1,96	10,09	20,85	0,86	0,88
2	R-T	389,30	1,86	15,09	8,94	0,80	0,80
3	S-T	389,30	1,92	14,49	9,77	0,86	0,86
4	R-Net	226,80	1,94	11,92	9,47	0,97	0,98
5	S-Net	226,00	2,10	12,13	10,87	0,99	0,99
6	T-Net	224,90	1,94	14,36	8,55	1,00	1,00

Hasil pengukuran pengaruh harmonic beban dilakukan dengan power harmonic analyzer Fluke 41 B, standard yang diizinkan pengaruh terhadap tegangan dan arus dari IEC 555/IEEE 519 pada table 2.1, $VTHD = 5\%$ dan $ITHD = 8\%$. Sedangkan hasil

pengukuran analyzer Fluke 41 B seperti tabel 4.25, dimana distorsi terhadap gelombang tegangan VTHD diperoleh antara 1,86 s.d 2,10%, hal ini masih dalam ambang batas yang diizinkan < 5%. Distorsi gelombang arus ITHD diperleh antara 8,55 s.d 20,85%, hal ini diatas yang diizinkan > 8%. Dalam hal ini pada jaringan pada panel LP-A diperlukan perbaikan atau meredam pengaruh harmnisa. Faktor kerja pada jaringan panel LP-A ini berkisar antara 0,8 s.d 1,00, dengan demikian factor kerja pada jaringan dapat dikatakan baik.

6. Bentuk Grafik Gelombang Arus Dab Spektrum Golombang.

Hasil pengukuran bentuk gelombang arus yang terdistorsi terhadap beban non linear dilayani panel LP-A dapat dilihat pada grafik 4.6 dibawah ini;



Grafik. 4. 6 . - Harmonisa Arus Panel LP-A

Bentuk gelombang arus yang terdistorsi pada jaringan panel LP-A seperti data spectrum orde ganjil grafik 4.6 dan table 4.39 terlampir, dimana terjadi kecacatan gelombang arus pada orde 3, 5, 7, 9, 11 dan 13. dengan demikian diperlukan perbaikan bentuk gelombang arus saat beroperasi dengan filter pasif.

G. Panel LP-C (Panel Distribusi Tenaga Listrik Labor/Kantor Blok Elektro)

Panel LP-C adalah sumber energi listrik, melalui panel ini yang melayani kelistrikan di Jurusan Teknik Elektro. Secara teknis panel LP-C melayani panel-panel PP-A dan LP-D seperti terlihat pada (Terlampir,Gambar 4.7) wiring diagram panel LP-C kebeban. Bila terjadi gangguan listrik pada panel ini akan terganggu semua kelistrikan Jurusan Teknik Elektro Dan Labor-Labor, oleh sebab itu sangat diperlukan sekali perawatan dan pengecekan semua komponen yang ada pada panel tersebut. Dari hasil

pengamatan yang berhubungan dengan kelayakan dan kehandalan jaringan listrik yang ditinjau dari aspek drop tegangan, tahanan isolasi, keseimbangan beban, distorsi harmonisa dan spektrum gelombang arus dan tegangan yang terkandung pada jaringan tersebut.

1. Drop Tegangan.

Hasil pengukuran drop tegangan pada panel LP-C antara fasa-fasa dan fasa-netral dapat dilihat tabel 4.9 dibawah ini;

Tabel 4. 9 Tegangan Drop Sistem Distribusi Daya Panel LP- C

No	Fasa	KVA	Vb	Ib	pF	Sin	X	Z	R	Vdrop
		VA	Volt	Amps	%	ϕ	Ohm	Ohm	Ohm	%
1	R - S	14,03	390,2	35,97	0,90	0,44	0,01085	0,02490	0,02241	4,779
2	R - T	6,26	390,2	16,05	0,92	0,39	0,02432	0,06206	0,05709	5,336
3	S - T	6,26	390,2	16,05	0,92	0,39	0,02432	0,06206	0,05709	5,336
4	R - N	8,67	223,4	38,8	0,99	0,14	0,00576	0,04081	0,0404	15,872
5	S - N	3,69	225,8	16,35	0,97	0,24	0,01382	0,05684	0,05513	9,685
6	T - N	4,46	226,2	19,72	0,97	0,24	0,01147	0,04719	0,04577	9,682

Berdasarkan standar dibenarkan oleh SPLN dan PUIL 2000 adalah 5 s.d 10% untuk instalasi listrik tenaga. Hasil yang diperoleh berdasarkan perhitungan untuk instalasi listrik tenaga pada panel LP-C yang menggunakan kabel tanah NYFGbY 4x70, pada fasa R-N sebesar 15,872%, hal ini diatas ambang batas yang diizinkan adalah 10%. Dengan demikian terhadap fasa R-N sangat diperlukan perhatian khusus, seperti melakukan pengecekan pada kontak hubung atau kontaktor yang tidak terhubung dengan baik. Sedangkan pada fasa-fasa yang lain diperoleh dibawah nilai yang diizinkan, oleh sebab itu dapat dikatakan masih dalam keadaan layak dan handal dioperasikan instalasi listrik tenaga tersebut.

2. Tahanan Isolasi Kabel Tanah.

Berdasarkan standar tahanan isolasi 20 s.d 5,568 M Ω , hasil pengamatan seperti tabel 4.17 pada panel LP-C yang menggunakan kabel tanah NYFGbY 4x70 diperoleh tahanan isolasi antar fasa-fasa dan fasa-netral 5 s.d 22 M Ω . Dengan demikian kelayakan dan kehandalan instalasi listrik tenaga kabel tanah NYFGbY 4x70 masih dikatakan mendekati tahanan isolasi yang dibenarkan adalah > 5 M Ω untuk jaringan panel LP-C tersebut.

3. Keseimbangan Beban.

Berdasarkan hasil perhitungan yang bisa dipedomani sebagai standar keseimbangan beban disetiap fasa suatu instalasi listrik adalah $\pm 2\%$ dari beban keseluruhan. Tabel 4.18 terlihat pendistribusian tenaga listrik untuk panel LP-C setiap fasa terjadi ketidakseimbangan beban seperti fasa R = 55,47%, fasa S = 34,5% dan fasa T = 21%. Karena ketidakseimbangan beban yang mempunyai akibat diperolehnya arus pada penghantar netral sebesar (I_{Net}) = 28,2 A, hal ini sangat besar maka diperlukan pengimbangan beban setiap fasa di panel LP-C tersebut.

4. Perbandingan Daya Terpasang Dan Daya Terpakai.

Daya terpasang dan daya terpakai dari pengamatan seperti tabel 4.19, daya terpasang pada panel LP-C 22,50 kVA dan daya terpakai 16,82 kVA, sedangkan faktor kerja jaringan (pf) 0,97. Dengan demikian daya terpakai hanya 74,758% oleh sebab itu masih bisa penambahan beban pada panel LP-C, untuk faktor kerja jaringan dapat dikatakan baik adalah (pf) 0,97, oleh sebab itu tidak diperlukan perbaikan faktor kerja pada jaringan instalasi listrik tenaga di panel LP-C tersebut.

5. Distorsi Harmonisa Terhadap Tegangan Dan Arus.

Hasil pengukuran jaringan listrik tenaga terdistorsi tegangan dan arus terhadap beban non linear yang dilayani oleh panel LP-C setiap fasa tegangan dan arus dapat dilihat tabel 4.26 dibawah ini;

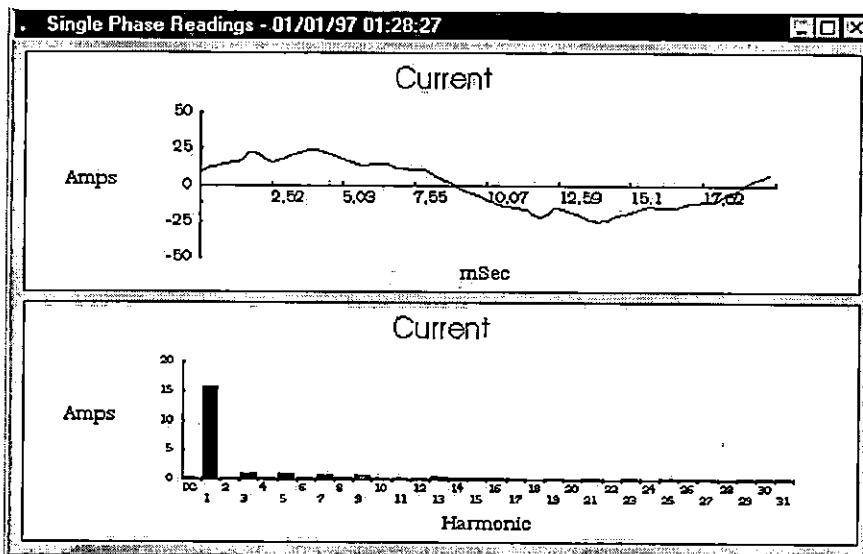
Tabel. 4. 26 Panel LP- C
Data Hasil Pengukuran Dengan Fluke 41
Total Harmonic Distortion Voltages and Current

No	Panel	V Rms	V Thd	I Rms	I Thd	PF	DPF
1	R-S	390,20	2,04	35,97	9,07	0,90	0,90
2	R-T	390,20	2,10	16,05	14,75	0,92	0,93
3	S-T	388,20	2,01	19,87	9,66	0,94	0,95
4	R-Net	223,40	2,14	38,80	8,63	0,99	1,00
5	S-Net	225,80	2,27	16,35	14,56	0,97	0,99
6	T-Net	226,20	2,09	19,72	11,43	0,97	0,98

Hasil pengukuran pengaruh harmonik beban non linear dilakukan dengan power harmonic analyzer Fluke 41 B, standar pengaruh harmonik IEC 555/IEEE 519 terhadap tegangan dan arus dalam jaringan listrik tenaga seperti pada tabel 2.1, VTHD = 5% dan ITHD = 8%. Sedangkan hasil pengukuran analyzer Fluke 41 B seperti tabel 4.26, dimana distorsi gelombang tegangan (VTHD) diperoleh antara 2,04 s.d 2,27%, hal ini masih dalam ambang batas yang diizinkan adalah < 5%. Distorsi terhadap gelombang arus (ITHD) diperoleh 8,63 s.d 14,75%, hal ini terdapat diatas batas yang dibenarkan adalah > 8%. Distorsi arus pada jaringan listrik tenaga pada panel LP-C diperlukan perbaikan atau meredam pengaruh harmonisa. Sedangkan faktor kerja jaringan berkisar antara (pf) 0,90 s.d 1,00 hal ini dapat dikatakan dalam keadaan baik.

6. Bentuk Gelombang Arus Dan Spektrum Golombang.

Hasil pengukuran bentuk gelombang arus yang terdistorsi terhadap beban non linear dilayani panel LP-C dapat dilihat pada grafik 4.7 dibawah ini;



Grafik 4. 7 . - Harmonisa Arus Panel LP-C

Bentuk gelombang arus yang terdistorsi terhadap beban non linear pada panel LP-C seperti terlihat data spektrum harmonisa orde ganjil. Grafik 4.7 dan tabel 4.40 terlampir, dimana terjadi kecacatan gelombang arus pada orde 3, 5, 7 dan 9. dengan demikian diperlukan perbaikan bentuk gelombang arus saat beroperasi dengan filter harmonisa.

H. Panel LP-M (Panel Distribusi Tenaga Listrik MRC/Rumah Rektor)

Panel LP-M adalah sumber energi listrik, melalui panel ini yang dilayani adalah kelistrikan Gedung MRC (Ruang Media Pengajaran) Fakultas Teknik UNP Padang. Secara teknis panel LP-M melayani panel-panel PP-M dan LP-L seperti terlihat pada (Terlampir, Gambar 4.5) wiring diagram panel LP-M beban. Bila terjadi gangguan listrik pada panel ini akan terganggu semua kelistrikan di Gedung MRC FT UNP, oleh sebab itu sangat diperlukan sekali perawatan dan pengecekan semua komponen yang ada pada panel tersebut. Dari hasil pengamatan yang berhubungan dengan kelayakan dan kehandalan jaringan listrik yang ditinjau dari aspek drop tegangan, tahanan isolasi, keseimbangan beban, distorsi harmonisa dan spektrum gelombang arus dan tegangan yang terkandung pada jaringan tersebut.

1. Drop Tegangan.

Hasil perhitungan drop tegangan pada panel LP-M antara fasa-fasa dan fasa-netral dapat dilihat tabel 4.10 dibawah ini;

Tabel 4.10 Tegangan Drop Sistem Distribusi Daya Panel LP- M

No	Fasa	kVA	Vb	Ib	pF	Sin	X	Z	R	Vdrop
		VA	Volt	Amps	%	ϕ	Ohm	Ohm	Ohm	%
1	R - S	5,74	391,6	14,66	0,90	0,44	0,02672	0,06129	0,05516	4,778
2	R - T	2,76	391,1	7,07	0,87	0,49	0,05542	0,11240	0,09779	4,173
3	S - T	2,76	391,1	7,07	0,87	0,49	0,05542	0,11240	0,09779	4,173
4	R - N	3,17	214,4	14,77	0,99	0,14	0,0145	0,10279	0,10177	15,859
5	S - N	1,6	211,5	7,59	0,96	0,28	0,02796	0,09985	0,09585	8,531
6	T - N	5,13	225,7	22,72	0,99	0,14	0,00993	0,07039	0,06969	15,869

Berdasarkan standar yang dibenarkan oleh SPLN dan PUIL 2000 adalah 5 s.d 10% untuk instalasi listrik tenaga. Hasil yang diperoleh berdasarkan perhitungan untuk instalasi listrik tenaga pada panel LP-M yang menggunakan kabel tanah NYFGbY 4x50, drop tegangan antar fasa-fasa dan fasa-netral berkisar 4,773 s.d 15,869%, fasa R-S, fasa R-T, fasa S-T dan fasa S-N diperoleh dibawah nilai drop tegangan maksimum adalah , 10%. Sedangkan antar fasa R-N dan fasa T-N diperoleh diatas nilai drop tegangan maksimum > 10%, hal ini mungkin disebabkan adanya hubungan kontak atau kontak pada kontaktor tidak terhubung dengan sempurna, dengan demikian diperlukan perbaikan kontak-kontak hubung tersebut.

2. Tahanan Isolasi Kabel Tanah.

Berdasarkan standar tahanan isolasi 20 s.d 5,568 M Ω , hasil pengamatan seperti tabel 4.17 pada panel LP-M yang menggunakan kabel tanah NYFGbY 4x50 diperoleh tahanan isolasi antar fasa-fasa dan fasa-netral berkisar 50 s.d 150 M Ω . Dengan demikian tahanan isolasi kabel tanah diatas nilai yang ditetapkan, oleh sebab itu bila dilihat dari sisi tahanan isolasi untuk suatu instalasi listrik tenaga dapat dikatakan masih layak dan handal dioperasikan, karena hal ini lebih besar dari yang dibenarkan adalah > 20 M Ω .

3. Keseimbangan Beban.

Berdasarkan hasil perhitungan yang bisa dipedomani sebagai standar keseimbangan beban disetiap fasa suatu instalasi listrik tenaga adalah $\pm 2\%$ dari beban keseluruhan. Tabel 4.18 terlihat pendistribusian tenaga listrik untuk panel LP-M setiap fasa terjadi ketidak keseimbangan beban seperti fasa R = 1,71%, fasa S = 49,5% dan fasa T = 51,2%. Karena ketidak seimbangan beban yang akan mempengaruhi adanya arus yang mengalir pada penghantar netral sebesar (I_{Net}) = 16 A, hal ini sangat besar maka diperlukan pengimbangan beban setiap fasa di panel LP-M.

4. Perbandingan Daya Terpasang Dan Daya Terpakai.

Daya terpasang dan daya terpakai dari pengamatan seperti tabel 4.19, daya terpasang pada panel LP-M 17,10 kVA dan daya terpakai 9,90 kVA, sedangkan faktor kerja jaringan $pf = 0,41$. Dengan demikian daya terpakai hanya baru 57,895% oleh sebab itu masih bisa penambahan beban pada panel LP-M, Sedangkan daya terpakai pada panel ini baru hanya 57,894% dengan faktor kerja jaringan $pf = 0,96$. Terlihat pada tabel 18. Dengan demikian jaringan pada panel LP-M masih cukup melayani penambahan beban baru dari yang telah ada sekarang ini.

5. Distorsi Harmonisa Terhadap Tegangan Dan Arus.

Hasil pengukuran jaringan terdistorsi tegangan dan arus terhadap beban non linear yang dilayani oleh panel LP-M setiap fasa tegangan dan arus dapat dilihat tabel 4.27 dibawah ini;

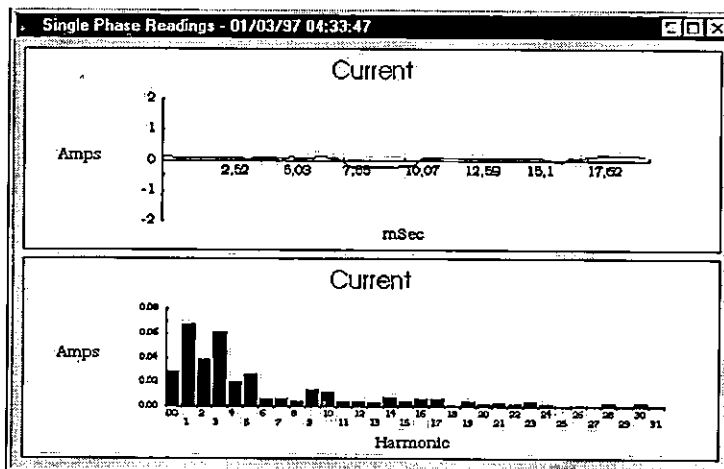
Tabel 4. 27 Panel LP- M
Data Hasil Pengukuran Dengan Fluke 41
Total Harmonic Distortion Voltages and Current

No	Panel	V Rms	V Thd	I Rms	I Thd	PF	DPF
1	R-S	391,60	2,04	14,66	6,25	0,90	0,90
2	R-T	391,10	2,10	7,07	24,26	0,87	0,90
3	S-T	387,70	1,99	22,98	9,13	0,90	0,91
4	R-Net	214,40	3,13	14,77	8,16	0,99	1,00
5	S-Net	211,50	3,63	7,59	26,11	0,96	1,00
6	T-Net	225,70	2,11	22,72	10,11	0,99	1,00

Hasil pengukuran pengaruh harmonik beban non linear dilakukan dengan power harmonic analyzer Fluke 41 B, standar pengaruh harmonik IEC 555/IEEE 519 terhadap tegangan dan arus dalam jaringan listrik tenaga seperti pada tabel 2.1, VTHD = 5% dan ITHD = 8%. Sedangkan hasil pengukuran analyzer Fluke 41 B seperti tabel 4.27, dimana distorsi gelombang tegangan (VTHD) diperoleh antara 2,04 s.d 3,63%, hal ini masih dalam batas yang dibenarkan adalah < 5%. Distorsi terhadap gelombang arus (ITHD) diperoleh antara 6,25 s.d 26,11%, hal ini diatas batas yang dibenarkan adalah > 8%. Untuk nilai gelombang harmonisanya diatas nilai yang ditetapkan diperlukan perbaikan atau meredam pengaruh harmonisa tersebut. Faktor kerja jaringan pada panel LP-M berkisar (pf) 0,86 s.d 0,99, dalam hal ini faktor kerja jaringan dapat dikatakan kondisi baik dengan sangat kecilnya beban yang mengandung nilai reaktif.

6. Bentuk Grafik Gelombang Arus Dan Spektrum Golombang.

Hasil pengukuran bentuk gelombang arus yang terdistorsi terhadap beban non linear diayani panel LP-M dapat dilihat pada grafik 4.8 dibawah ini;



Grafik 4.8 Harmonisa Arus Panel LP-M

Bentuk gelombang arus yang terdistorsi pada jaringan panel LP-M seperti data spektrum orde ganjil. Grafik 4.8 dan table 4.41 terlampir, dimana terjadi kecacatan gelombang arus pada orde 3, 5, 7, 9, 11, dan 13, dengan demikian diperlukan perbaikan bentuk gelombang arus saat beroperasi dengan filter harmonisa seperti filter pasif atau filter aktif.

I. Panel PP-GA (Panel Distribusi Tenaga Listrik Labor/Workshop Automotiv)

Panel PP-GA adalah sumber energi listrik yang melayani kelistrikan pada Jurusan Teknk Automotiv dan Labor Automotiv Fakultas Teknik UNP Padang. Secara teknis panel PP-GA melayani panel-panel PP-HA dan PP-HC seperti terlihat pada (Terlampir, Gambar 4.8) wiring diagram panel PP-GA kebeban. Bila terjadi gangguan listrik pada panel ini akan terganggu semua kelistrikan Labor dan Work shop Jurusan Teknik Automotiv FT UNP, oleh sebab itu sangat diperlukan sekali perawatan dan pengecekan semua komponen yang ada pada panel tersebut. Dari hasil pengamatan yang berhubungan dengan kelayakan dan kehandalan jaringan listrik yang ditinjau dari aspek drop tegangan, tahanan isolasi, keseimbangan beban, distorsi harmonisa dan spektrum gelombang arus dan tegangan yang terkandung pada jaringan tersebut.

1. Drop Tegangan.

Hasil pengukuran drop tegangan pada panel PP-GA antara fasa-fasa dan fasa-netral dapat dilihat tabel 4.11 dibawah ini;

Tabel 4. 11 Tegangan Drop Sistem Distribusi Daya Panel PP-GA

No	Fasa	kVA	Vb	Ib	pF	Sin	X	Z	R	Vdrop
		VA	Volt	Amps	%	ϕ	Ohm	Ohm	Ohm	%
1	R - S	0,91	393,7	2,31	0,79	0,61	0,17033	0,27781	0,21947	3,130
2	R - T	0,93	394	2,35	0,89	0,46	0,16692	0,36609	0,32582	4,530
3	S - T	0,93	394	2,94	0,89	0,46	0,16692	0,36609	0,32582	5,668
4	R - N	25,75	226,3	0,11	0,14	0,99	0,00199	0,00201	0,00028	0,000
5	S - N	29,75	227,9	0,13	0,58	0,81	0,00175	0,00214	0,00124	0,002
6	T - N	29,75	226,7	0,13	0,51	0,86	0,00173	0,00201	0,00102	0,002

Berdasarkan standard yang dibenarkan oleh SPLN dan PIL 2000 adalah 5 s.d 10% instalasi listrik tenaga. Hasil yang diperoleh berdasarkan perhitungan untuk instalasi listrik tenaga pada panel PP-GA yang menggunakan kabel tanah NYFGbY 4x185, drop tegangan antara fasa-fasa dan fasa-netral berkisar 0,00 s.d 5,668%. Dalam hal ini

bahwa nilai drop tegangan lebih kecil dari yang ditetapkan $< 10\%$, dengan demikian dapat dikatakan masih layak dan handal untuk dioperasikan pada panel PP-GA tersebut.

2. Tahanan Isolasi Kabel Tanah.

Berdasarkan standar tahanan isolasi kabel tanah 20 s.d 5,568 $M\Omega$, hasil pengamatan seperti tabel 4.17 pada panel PP-GA yang menggunakan kabel tanah NYFGbY 4 x 185 diperoleh tahanan isolasi antar fasa-fasa dan fasa-netral berkisar 10 s.d 20 $M\Omega$. Dengan demikian tahanan isolasi kabel tanah untuk panel PP-GA masih dalam batas yang dibenarkan $> 5,568 M\Omega$, dapat dikatakan dalam keadaan layak dan handal dioperasikan sebagai instalasi listrik tenaga.

3. Keseimbangan Beban.

Berdasarkan hasil perhitungan yang biasa dipedomani sebagai standard keseimbangan beban non linear disetiap fasa suatu instalasi listrik adalah $\pm 2\%$, dari beban keseluruhan. Tabel 4.18 terlihat pendistribusian tenaga listrik untuk panel PP-GA setiap fasa-fasa mendekati keseimbangan beban seperti fasa R = 10,8%, fasa S = 5,405% dan fasa T = 5,405 %. Dalam hal ini terdapat arus pada penghantar netral (I_{Net}) = 0,2 A. Dengan demikian beban pada panel PP-GA diperlukan pengimbangan beban setiap fasa.

4. Perbandingan Daya Terpasang Dan Daya Terpakai.

Hasil pengamatan perbandingan daya terpasang dan daya terpakai dari panel PP-GA berdasarkan perencanaan semula dapat dilihat tabel 4.19, daya terpasang 94,76 kVA dan daya terpakai 85,25 kVA, untuk itu daya terpakai telah 89,964% dalam hal ini dapat dikatakan mendekati maksimum. Faktor kerja jaringan pada panel P-GA (pf) = 0,41, hal ini diperlukan perbaikan faktor kerja (pf) untuk jaringan pada panel PP-GA dengan memasang bank kapasitor.

5. Distorsi Harmonisa Terhadap Tegangan Dan Arus.

Hasil pengukuran jaringan terdistorsi gelombang tegangan dan arus terhadap beban non linear yang dilayani leh panel PP-GA setiap fasa tegangan dan arus dapat dilihat tabel 4.28 dibawah ini;

Tabel. 4. 28 Panel PP- GA

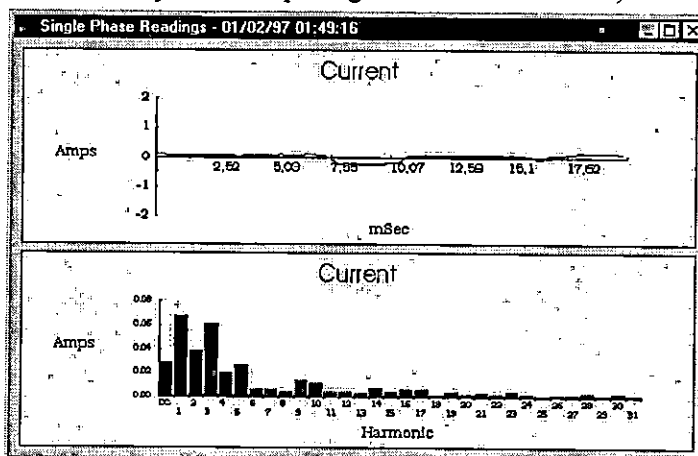
**Data Hasil Pengukuran Dengan Fluke 41
Total Harmonic Distortion Voltages and Current**

No	Panel	V Rms	V Thd	I Rms	I Thd	PF	DPF
1	R-S	393,70	2,35	2,31	6,33	0,79	0,80
2	R-T	394,00	2,38	2,35	6,33	0,89	0,90
3	S-T	394,00	2,33	1,90	13,85	0,89	0,89
4	R-Net	226,30	2,21	0,11	77,85	0,14	0,24
5	S-Net	227,90	2,58	0,13	76,01	0,58	0,89
6	T-Net	226,70	2,30	0,13	65,22	0,51	0,70

Hasil pengukuran pengaruh beban non linear dilakukan dengan power harmonic analyzer Fluke 41 B, standar pengaruh harmonic terhadap gelombang tegangan dan arus menurut IEC 555 / IEEE 519 seperti tabel 2.1, untuk tegangan VTHD = 5% dan arus ITHD = 8%. Dari hasil pengukuran seperti tabel 4.28 dimana distorsi gelombang tegangan (VTHD) diperoleh berkisar 2,21 s.d 2,58%, hal ini masih dalam ambang batas yang dibenarkan adalah < 5%. Distorsi terhadap gelombang arus (ITHD) diperoleh antara 6,33 s.d 77,85 % sedangkan fasa-fasa R-S dan R-T diperoleh dibawah batas yang ditetapkan adalah < 8%. Untuk fasa-fasa S-T dan fasa – netral diperoleh diatas batas yang ditetapkan adalah > 8%, factor kerja jaringan (pf) berkisar dari 0,24 s.d 0,90, dengan demikian diperlukan melakukan perbaikan terhadap pengaruh harmonisa beban non linear dan perbaikan factor kerja jaringan pada panel PP-GA dengan pemasangan filter pasif atau filter aktif.

6. Bentuk Grafik Gelombang Arus Dan Spektrum Gelombang.

Hasil pengukuran bentuk gelombang arus yang terdistorsi terhadap beban non linear dilayani panel PP-GA dapat dilihat pada grafik 4.8 dibawah ini;



Grafik. 4. 8 . - Harmonisa Arus Panel PP-GA

Bentuk gelombang arus yang terdistorsi pada jaringan panel PP-GA seperti data spectrum orde ganjil. Grafik 4.8 dan tabel 4.42 terlampir, dimana terjadi kecacatan gelombang arus pada orde 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, dan 17; dengan demikian diperlukan perbaikan bentuk gelombang arus saat beroperasi dengan filter harmonisa seperti filter pasif atau filter aktif.

J. Panel PP-IB (Panel Distribusi Tenaga Listrik Workshop Instalasi Listrik)

Panel PP-IB adalah sumber energi listrik panel ini yang melayani Laboratorium Kontrol Sistem Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik UNP Padang. Secara teknis panel PP-IB melayani meja-meja praktikum dan peralatan praktek, seperti terlihat pada (Terlampir, Gambar 4.9) wiring diagram panel PP-IB kebeban. Bila terjadi gangguan listrik pada panel ini akan terganggu semua kelistrikan untuk praktek akan terganggu, oleh sebab itu sangat diperlukan sekali perawatan dan pengecekan semua komponen yang ada pada panel tersebut. Dari hasil pengamatan yang berhubungan dengan kelayakan dan kehandalan jaringan listrik yang ditinjau dari aspek drop tegangan, tahanan isolasi, keseimbangan beban, distorsi harmonisa dan spektrum gelombang arus dan tegangan yang terkandung pada jaringan tersebut.

1. Drop Tegangan.

Hasil pengukuran drop tegangan pada panel PP-IB dimana antara fasa-fasa dan fasa-netral dapat dilihat tabel 4.12 dibawah ini;

Tabel 4. 12 Tegangan Drop Sistem Distribusi Daya Panel PP- IB

No	Fasa	kVA	Vb	Ib	pF	Sin	X	Z	R	Vdrop
		VA	Volt	Amps	%	ϕ	Ohm	Ohm	Ohm	%
1	R - S	1,34	394,1	3,41	0,48	0,88	0,11591	0,13212	0,06342	1,290
2	R - T	0,93	394	2,35	0,89	0,46	0,16692	0,36609	0,32582	4,530
3	S - T	1,26	392	3,31	0,48	0,88	0,12196	0,13902	0,06673	1,325
4	R - N	0,78	224,7	3,41	0,61	0,79	0,06473	0,08169	0,04983	2,121
5	S - N	0,94	228,2	4,14	0,70	0,71	0,0554	0,07757	0,0543	2,786
6	T - N	0,74	224,8	3,27	0,62	0,78	0,06829	0,08704	0,05396	2,205

Berdasarkan standard yang dibenarkan oleh SPLN dan PUIL 2000 adalah 5 s.d 10% instalasi listrik tenaga. Hasil yang diperoleh berdasarkan perhitungan drop tegangan untuk instalasi listrik tenaga pada panel PP-IB yang menggunakan kabel tanah NYY 4x6 berkisar antara 1,290 s.d 4,580%, hal ini drop tegangan dibawah nilai yang

ditetapkan $< 10\%$. Dengan demikian bahwa drop tegangan pada jaringan panel PP-IB dapat dikatakan masih layak dan handal beroperasi saat sekangan ini.

2. Tahanan Isolasi Kabel Tanah.

Berdasarkan standard tahanan isolasi kabel tanah 20 s.d 5,568 $M\Omega$, hasil pengamatan seperti tabel 4.17 pada panel PP-IB yang menggunakan kabel tanah NYY 4 x 6 diperoleh tahanan isolasi berkisar antara 50 sd 150 $M\Omega$. Dengan demikian instalasi listrik tenaga pada panel PP-IB masih layak dan handal dipergunakan bila dilihat dari sudut tahanan isolasi kabel tanah $> 20 M\Omega$.

3. Keseimbangan Beban.

Berdasarkan hasil perhitungan yang bias dipedomani sebagai standard keseimbangan beban disetiap fasa suatu instalasi listrik tenaga adalah $\pm 2\%$, dari beban keseluruhan. Tabel 4.18 terlihat pendistribusian tenaga listrik untuk panel PP-IB diperoleh antara fasa R = 5,45%, fasa S = 14,79% dan fasa T = 9,33%, hal ini terlihat ketidak seimbangan beban disetiap fasa. Karena ketidak seimbangan beban, salah satu timbulnya arus yang mengalir pada penghantar netral sebesar (I_{Net}) = 4,5 A. Oleh sebab itu pada panel PP-IB diperlukan penyeimbangan beban pada instalasi listrik tenaga jaringan tersebut.

4. Perbandingan Daya Terpasang Dan Daya Terpakai.

Daya terpasang dan daya terpakai dari pengamatan pada panel PP-IB seperti tabel 4.19. Dalam rencana daya terpasang sebesar 10 kVA, sedangkan daya terpakai 2,46 kVA, dalam hal ini daya terpakai hanya baru 24,60%. Oleh sebab itu pada panel PP-IB masih bisa penambahan beban, bila dilihat dari factor kerja jaringan (pf) = 0,64, dengan demikian jaringan pada panel PP-IB masih cukup melayani penambahan beban sedangkan masalah factor kerja diperlukan peninjauan jenis beban atau memperbaiki factor kerja dengan memasang bank kapasitor.

5. Distorsi Harmonisa Terhadap Tegangan Dan Arus.

Hasil pengukuran jaringan terdistorsi gelombang tegangan dan arus yang disebabkan bebab non linear pada panel PP-IB dapat dilihat tabel 4.29 dibawah ini;

Tabel 4. 29 Panel PP- IB

Data Hasil Pengukuran Dengan Fluke 41

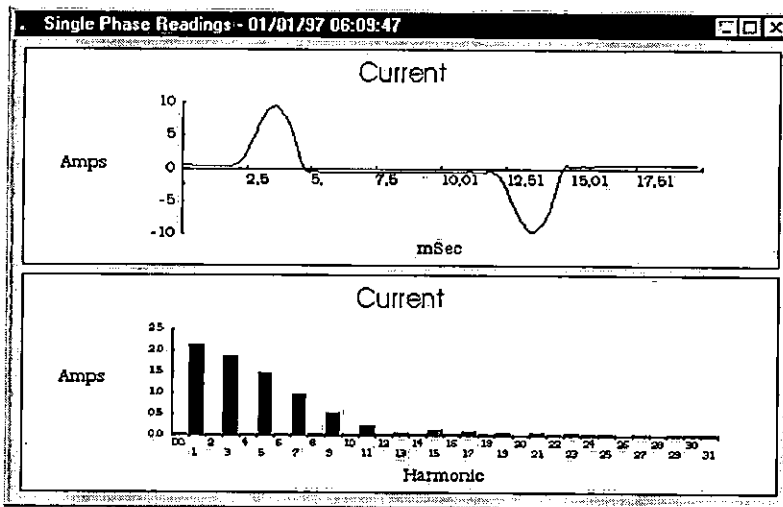
Total Harmonic Distortion Voltages and Current

No	Panel	V Rms	V Thd	I Rms	I Thd	PF	DPF
1	R-S	394,10	2,14	3,41	78,01	0,48	0,78
2	R-T	392,00	1,94	3,21	77,01	0,48	0,76
3	S-T	392,30	2,03	3,29	76,73	0,59	0,94
4	R-Net	227,70	2,11	3,41	78,04	0,61	0,99
5	S-Net	228,20	2,52	4,14	68,17	0,70	0,97
6	T-Net	224,80	2,04	3,27	76,70	0,62	0,98

Hasil pengukuran pengaruh harmonic beban non linear dilakukan dengan power harmonic analyzer Fluke 41 B, standar pengaruh harmonic terhadap gelombang tegangan dan arus dari IEC 555 / IEEE 519, untuk tegangan (VTHD) = 5% dan arus (ITHD) = 8%. Pengukuran dengan analyzer Fluke 41 B seperti tabel 4,29, dimana distorsi tegangan (VTHD) berkisar 1,94 s.d 2,52%, hal ini pengaruh distorsi tegangan masih diambang batas yang dibenarkan < 5%. Distorsi gelombang arus (ITHD) berkisar 68,17 s.d 78,04%, bahwa pengaruh harmonisa terhadap arus diatas nilai yang dibenarkan > 8%. Oleh sebab itu pada jaringan yang dilayani panel PP-IB sangat diperlukan perbaikan atau meredam harmonisa yang disebabkan adanya beban non linear. Dari sisi faktor kerja jaringan (pf) berkisar 0,48 s.d 0,70, karena factor kerja sangat rendah sebaiknya dilakukan perbaikan dengan memasang bank kapasitor.

6. Bentuk Grafik Gelombang Arus Dan Spektrum Gelombang.

Hasil pengukuran bentuk gelombang arus yang terdistorsi terhadap beban non linear dilayani panel PP-IB dapat dilihat pada grafik 4.10 dibawah ini;



Grafik. 4. 10 . - Harmonisa Arus Panel PP-IB

Bentuk gelombang arus yang terdistorsi pada jaringan panel PP-IB seperti data orde ganjil. Grafik 4.10 dan tabel 4.43 terlampir, dimana terjadi kecacatan gelombang arus pada orde 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15 dan 17, dengan demikian diperlukan perbaikan bentuk gelombang arus saat beroperasi dengan filter harmonisa seperti filter pasif atau filter aktif.

K. Panel PP-ID (Panel Distribusi Tenaga Listrik Labor Kontro elektor/Komputer)

Panel PP-ID adalah sumber energi listrik yang melayani Laboratorium Kontrol Sistim dan Laboratorium Konversi Energi Listrik Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik UNP Padang. Secara teknis panel PP-ID melayani panel-panel PP-IB dan PP-IC seperti terlihat pada (Terlampir, Gambar 4.10) wiring diagram panel PP-ID kebeban. Bila terjadi gangguan listrik pada panel ini akan terganggu semua kelistrikan kedua Laboratorium tersebut, oleh sebab itu sangat diperlukan sekali perawatan dan pengecekan semua komponen yang ada pada panel tersebut. Dari hasil pengamatan yang berhubungan dengan kelayakan dan kehandalan jaringan listrik yang ditinjau dari aspek drop tegangan, tahanan isolasi, keseimbangan beban, distorsi harmonisa dan spektrum gelombang arus dan tegangan yang terkandung pada jaringan tersebut.

1. Drop Tegangan.

Hasil pengukuran drop tegangan pada panel PP-ID antara fasa-fasa dan fasa-netral dapat dilihat tabel 4.13 dibawah ini;

Tabel 4. 13 Tegangan Drop Sistem Distribusi Daya Panel PP- ID

No	Fasa	kVA	Vb	Ib	pF	Sin	X	Z	R	Vdrop
		VA	Volt	Amps	%	ϕ	Ohm	Ohm	Ohm	%
1	R - S	0,91	393,7	2,31	0,79	0,61	0,17033	0,27781	0,21947	3,130
2	R - T	0,93	394	2,35	0,89	0,46	0,16692	0,36609	0,32582	4,530
3	S - T	0,93	394	2,35	0,89	0,46	0,16692	0,36609	0,32582	4,530
4	R - N	25,75	226,3	0,11	0,14	0,99	0,00199	0,00201	0,00028	0,000
5	S - N	29,75	227,9	0,13	0,58	0,81	0,00175	0,00214	0,00124	0,002
6	T - N	29,75	226,7	0,13	0,51	0,86	0,00173	0,00201	0,00102	0,002

Berdasarkan standard yang dibenarkan oleh SPLN da PUIL 2000 adalah 5 s.d 10% untuk instalasi listrik tenaga. Hasil yang diperoleh berdasarkan perhitungan untuk instalasi listrik tenaga pada panel PP-ID yang menggunakan kabel tanah NYY 4x10, drop tegangan antar fasa-fasa dan fasa-netral berkisar 0,00 s.d 4,580%. Dalam hal ini drop tegangan pada jaringan panel PP-ID lebih kecil dari yang ditetapkan yaitu < 10%,

dengan demikian dapat dikatakan jaringan listrik tenaga masih layak dan handal dioperasikan untuk melayani beban pada panel tersebut.

2. Tahanan Isolasi Kabel Tanah.

Berdasarkan standard tahanan isolasi kabel tanah 20 s.d 5,568 M Ω , hasil pengamatan seperti tabel 4.17 pada panel PP-ID yang menggunakan kabel tanah NYY 4 x 10 diperoleh tahanan isolasi antar fasa-fasa dan fasa-netral berkisar 50 s.d 220 M Ω . Dengan demikian tahanan isolasi diperoleh diatas standard, maka dapat dikatakan masih layak dan handal dioperasikan kabel tanah yang terdapat pada panel PP-ID tersebut.

3. Keseimbangan Beban.

Berdasarkan hasil perhitungan yang bisa dipedomani sebagai standard keseimbangan beban disetiap fasa suatu instalasi listrik tenaga adalah $\pm 2\%$, dari beban keseluruhan. Tabel 4.18 terlihat pendistribusian tenaga listrik untuk panel PP-ID setiap fasa berkisar untuk fasa R = 10,8%, fasa S = 5,41% dan fasa T = 5,41%, dalam hal ini dapat dikatakan pembagian beban pada panel PP-ID tidak seimbang. Salah satu pengaruh ketidak seimbangan beban maka kawat netral mengalir arus sebesar (I_{Net}) = 0,2 A, oleh sebab itu diperlukan pengimbangan beban setiap fasa di panel PP-ID.

4. Perbandingan Daya Terpasang Dan Daya Terpakai.

Daya terpasang dan daya terpakai pada panel PP-ID dapat dilihat tabel 4.19, dimana daya terpasang 89,09 kVA dan daya terpakai 85,25 kVA, bila dilihat dari persentase pemakaian tenaga listrik adalah 95,690%, hal ini dapat dikatakan pemakaian telah mendekati maksimum. Dilihat dari faktor kerja jaringan pada panel PP-ID adalah (pf) = 0,41, faktor kerja ini sangat rendah yang akan memberikan efek pada pembayaran listrik dengan besarnya daya reaktif pada jaringan tersebut. Untuk memperbaiki factor kerja jaringan bisa dilakukan dengan pemasangan shunt bank kapasitor.

5. Distorsi Harmonisa Terhadap Tegangan Dan Arus.

Hasil pengukuran jaringan instalasi listrik tenaga terdistorsi pada tegangan dan arus terhadap beban non linear yang dilayani oleh panel PP-ID setiap fasa tegangan dan arus dapat dilihat tabel 4.30 dibawah ini;

Tabel 4. 30 Panel PP- ID

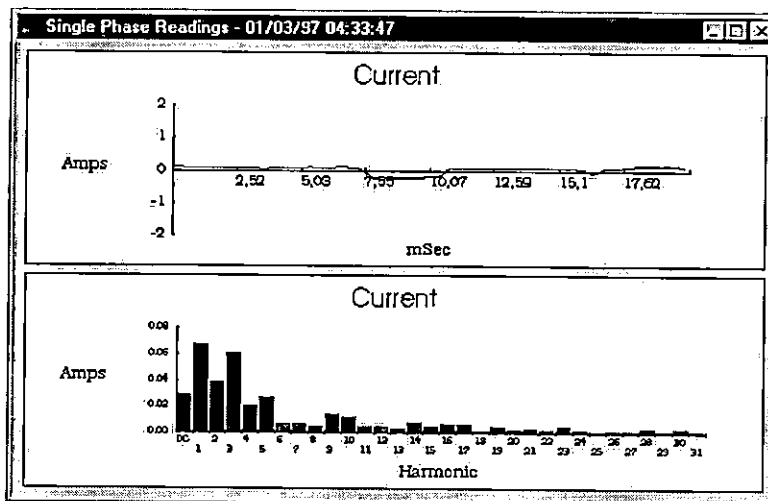
**Data Hasil Pengukuran Dengan Fluke 41
Total Harmonic Distortion Voltages and Current**

No	Panel	V Rms	V Thd	I Rms	I Thd	PF	DPF
1	R-S	393,70	2,35	2,31	6,33	0,79	0,80
2	R-T	394,00	2,38	2,35	6,33	0,89	0,90
3	S-T	394,00	2,33	1,90	13,85	0,89	0,89
4	R-Net	226,30	2,21	0,11	77,85	0,14	0,24
5	S-Net	227,90	2,58	0,13	76,01	0,58	0,89
6	T-Net	226,70	2,30	0,13	65,22	0,51	0,70

Hasil pengukuran pengaruh harmonic beban non linear dilakukan dengan power harmonic analyzer Fluke 41 B, standar pengaruh harmonic yang dibenarkan oleh IEC 555 / IEEE 519 untuk tegangan (VTHD) = 5% dan arus (ITHD) = 8%. Sedangkan hasil pengukuran analyzer Fluke 41 B seperti tabel 4.30, dimana distorsi gelombang tegangan setiap fasa berkisar (VTHD) adalah 2,21 s.d 2,58%, hal ini masih dalam ambang batas yang dibenarkan adalah > 5%. Distorsi terhadap arus diperoleh berkisar (ITHD) adalah 6,33 s.d 77,85%, terdapat distorsi gelombang arus terhadap beban non linear lebih besar dari yang diizinkan adalah 8%, oleh sebab itu masalah pengaruh harmonisa terhadap arus yang terdapat pada panel PP-ID diperlukan dilakukan perbaikan atau meredam perngaruh harmonisa dengan pemasangan filter pasif atau filter aktif.

6. Bentuk Grafik Gelombang Arus Dan Spektrum Gelombang.

Hasil pengukuran bentuk gelombang arus yang terdistorsi terhadap beban non linear dilayani panel PP-ID dapat dilihat pada grafik 4.10 dibawah ini;



Grafik. 4. 10 . - Harmonisa Arus Panel PP-ID

Bentuk gelombang arus yang terdistorsi pada jaringan panel PP-ID seperti data spectrum orde ganjil. Grafik 4.10 dan tabel 4.44 terlampir, dimana terjadi kecacatan gelombang arus pada orde 3, 5, 7, 9, 11, 13 dan 15, dengan demikian diperlukan perbaikan bentuk gelombang arus saat dioperasikan dengan memasang filter harmonisa seperti filter pasif atau filter aktif.

L. Panel PP-HA (Panel Distribusi Tenaga Listrik Peabriksi/Mesin)

Panel PP-HA adalah sumber energi listrik yang melayani Work Shop Mesin Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik UNP Padang. Secara teknis panel PP-HA melayani mesin- mesin yang ada Work Shop Mesin dan Kontruksi (Las) seperti terlihat pada (Terlampir, Gambar 4.11) wiring diagram panel PP-HA kebeban. Bila terjadi gangguan listrik pada panel ini akan terganggu semua kelistrikan di Wrok Shop Mesin dan Work Shop Konstruksi , oleh sebab itu sangat diperlukan sekali perawatan dan pengecekan semua komponen yang ada pada panel tersebut. Dari hasil pengamatan yang berhubungan dengan kelayakan dan kehandalan jaringan listrik yang ditinjau dari aspek drop tegangan, tahanan isolasi, keseimbangan beban, distorsi harmonisa dan spektrum gelombang arus dan tegangan yang terkandung pada jaringan tersebut.

1. Drop Tegangan.

Hasil pengukuran drop tegangan pada panel PP-HA antara fasa-fasa dan fasa-netral dapat dilihat tabel 4.14 dibawah ini;

Tabel 4.14 Tegangan Drop Sistem Distribusi Daya Panel PP- HA

No	Fasa	kVA	Vb	Ib	pF	Sin	X	Z	R	Vdrop
		VA	Volt	Amps	%	ϕ	Ohm	Ohm	Ohm	%
1	R - S	5,09	388,8	13,1	0,72	0,69	0,0297	0,04279	0,03081	2,543
2	R - T	7,58	386,3	19,56	0,24	0,97	0,01969	0,02028	0,00487	0,517
3	S - T	7,56	386,3	19,58	0,24	0,97	0,01974	0,02033	0,00488	0,519
4	R - N	31,9	222,2	0,14	0,41	0,91	0,00155	0,00170	0,0007	0,001
5	S - N	30,9	223,7	0,14	0,33	0,94	0,00162	0,00172	0,00057	0,001
6	T - N	32,9	222,4	0,15	0,40	0,92	0,0015	0,00164	0,00066	0,001

Berdasarkan standard yang dibenarkan oleh SPLN dan PUIL 2000 adalah 5 s.d 10% untuk instalasi listrik tenaga. Hasil yang diperoleh berdasarkan perhitungan untuk instalasi listrik tenaga pada panel PP-HA seperti tabel 4.14 yang menggunakan kabel tanah NYY 4x240, drop tegangan antar fasa berkisar 0,001 s.d 2,543%. Drop tegangan pada instalasi kabel tanah diperoleh lebih kecil dari yang ditetapkan adalah < 10%, hal

ini dapat dikatakan instalasi listrik tenaga yang mempunyai drop tegangan yang kecil, dimana kerugian tenaga dalam jaringan pada panel PP-HA sangat kecil atau dapat diabaikan. Oleh sebab itu jaringan instalasi pada panel PP-HA dapat dikatakan sangat layak dan handal dioperasikan untuk melayani beban di panel PP-HA tersebut.

2. Tahanan Isolasi Kabel Tanah.

Berdasarkan standard tahanan isolasi kabel tanah adalah 20 s.d 5,568 M Ω , hasil pengamatan seperti tabel 4.17 pada panel PP-HA yang menggunakan kabel tanah NYY 4 x 240 diperoleh tahanan isolasi antar fasa-fasa dan fasa-netral berkisar 90 s.d 150 M Ω . Dengan demikian kelayakan dan kehandalan instalasi kabel tanah pada panel PP-HA dapat dikatakan masih layak dan handal untuk melayani beban pada jaringan tersebut.

3. Keseimbangan Beban.

Berdasarkan hasil perhitungan yang bisa dipedomani sebagai standard keseimbangan beban disetiap fasa suatu instalasi listrik tenaga adalah $\pm 2\%$, dari beban keseluruhan. Tabel 4.18 terlihat pendistribusian tenaga listrik untuk panel PP-HA, persentase keseimbangan beban antar fasa R = 0,499%, fasa S = 4,619 dan fasa T = 5,12%. Dalam hal ini terlihat ketidak seimbangan beban, karena yang dibenarkan adalah $> 2\%$ oleh sebab itu diperlukan melakukan penyeimbangan beban setiap fasa, akibat ketidak seimbangan beban maka pada penghantar netral terdapat arus mengalir sebesar (I_{Net}) = 0,2 A, arus ini sangat kecil dapat diabaikan yang akan tidak menimbulkan panas berlebihan pada penghantar netral.

4. Perbandingan Daya Terpasang Dan Daya Terpakai.

Daya terpasang dan daya terpakai dari pengamatan seperti tabel 4.19, rancangan daya terpasang sebesar 94,76 kVA, sedangkan daya terpakai sebesar 95,70 kVA, dalam persentase daya terpakai telah mencapai 100,992% dengan demikian telah mencapai beban maksimum. Faktor kerja pada jaringan panel PP-HA sebesar 0,38, hal ini factor kerja yang rendah disebabkan beban reaktif yang besar dan akan diperoleh pembayaran listrik yang tinggi. Untuk mengatasi pebayaran yang tinggi sebaiknya diperbaiki factor kerja jaringan dengan pemasangan shunt bank kapasitor.

5. Distorsi Harmonisa Terhadap Tegangan Dan Arus.

Hasil pengukuran jaringan terdistrsi tegangan dan arus terhadap beban non linear yang dilayani oleh panel PP-HA setiap fasa tegangan dan arus dapat dilihat tabel 4.31 dibawah ini;

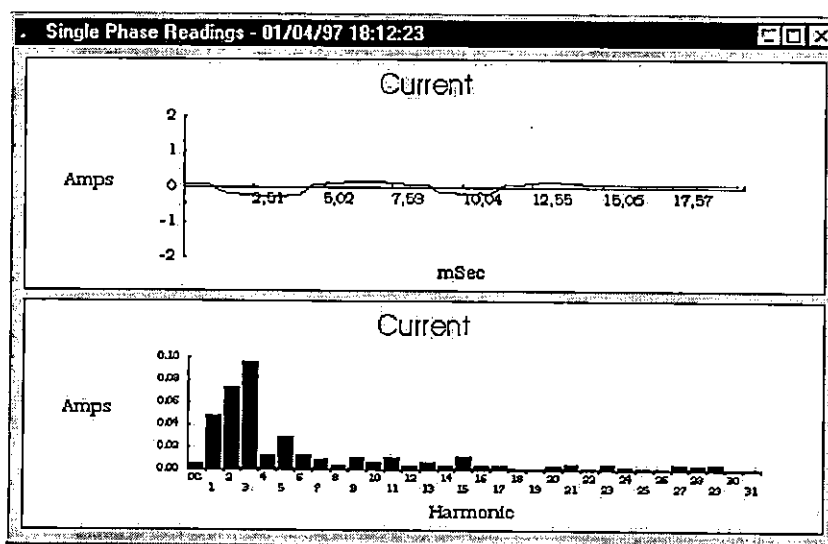
Tabel 4. 31 Panel PP- HA
Data Hasil Pengukuran Dengan Fluke 41
Total Harmonic Distortion Voltages and Current

No	Panel	V Rms	V Thd	I Rms	I Thd	PF	DPF
1	R-S	388,80	2,05	13,10	3,53	0,72	0,72
2	R-T	386,30	1,91	19,56	4,86	0,24	0,24
3	S-T	388,20	1,98	17,77	4,87	0,78	0,78
4	R-Net	222,20	2,01	0,14	90,00	0,41	0,93
5	S-Net	223,70	2,10	0,14	93,69	0,33	0,97
6	T-Net	222,40	2,10	0,15	84,97	0,04	0,07

Hasil pengukuran pengaruh harmonic beban non linear dilakukan dengan power harmonic analyzer Fluke 41 B, standard penguah harmonic terhadap tegangan dan arus oleh IEC 555 / IEEE 519, distorsi untuk tegangan (VTHD) = 5% dan arus (ITHD) = 8%. Sedangkan hasil pengukuran analyzer Fluke 41 B seperti tabel 4.31, dimana distorsi gelombang tegangan (VTHD) berkisar 1,91 s.d 2,10%, hal ini masih dalam ambang batas yang dibenarkan adalah < 5%. Distorsi terhadap arus (ITHD) berkisar 3,53 s.d 93,69%, hal ini diatas batas yang dibenarkan > 8%, oleh sebab itu diperlukan melakukan perbaikan atau meredam nilai harmonisa dengan memasang filter harmonic pada panel PP-HA tersebut.

6. Bentuk Grafik Gelombang Arus Dan Spektrum Gelombang.

Hasil pengukuran bentuk gelombang arus yang terdistorsi terhadap beban non linear yang dilayani oleh panel PP-HA dapat dilihat pada grafik 4.11 dibawah ini :



Grafik. 4. 11 . - Harmonisa Arus Panel PP-HA

Bentuk gelombang arus yang terdistorsi terhadap beban non linear pada panel PP-HA seperti terlihat data spectrum orde ganjil. Grafik 4.11 dan tabel 4.45 terlampir., dimana terjadi kecacatan gelombang arus pada orde 3, 5, 7, 9, 11, 13 dan 15 dengan demikian diperlukan perbaikan bentuk gelombang arus dengan memasang jaringan instalasi tangan tersebut filter pasif atau filter aktif.

M. Panel PP-CU2 (Panel Distribusi Tenaga Listrik Kantor Fakultas Teknik)

Panel PP-CU2 adalah sumber energi listrik yang melayani Kantor Fakultas Teknik dan Ruang Theater Fakultas Teknik UNP Padang. Secara teknis panel PP-CU2 mendapat layanan dari panel PP-CU2 seperti terlihat pada (Terlampir, Gambar 4.12) wiring diagram panel PP-CU2 ke beban. Bila terjadi gangguan listrik pada panel ini akan terganggu semua kelistrikan untuk Kantor Fakultas Teknik, oleh sebab itu sangat diperlukan sekali perawatan dan pengecekan semua komponen yang ada pada panel tersebut. Dari hasil pengamatan yang berhubungan dengan kelayakan dan kehandalan jaringan listrik yang ditinjau dari aspek drop tegangan, tahanan isolasi, keseimbangan beban, distorsi harmonisa dan spektrum gelombang arus dan tegangan yang terkandung pada jaringan tersebut.

1. Drop Tegangan.

Hasil pengukuran drop tegangan pada panel PP-CU2 antara fasa-fasa dan fasa-netral dapat dilihat tabel 4.15 dibawah ini;

Tabel 4. 15 Tegangan Drop Sistem Distribusi Daya Panel PP- CU2

No	Fasa	kVA	Vb	Ib	pF	Sin	X	Z	R	Vdrop
		VA	Volt	Amps	%	ϕ	Ohm	Ohm	Ohm	%
1	R – S	3,31	392,4	8,42	0,90	0,44	0,04652	0,10672	0,09605	4,769
2	R – T	3,3	390,2	8,46	0,79	0,61	0,04614	0,07525	0,05945	3,132
3	S – T	3,3	390,2	8,46	0,79	0,61	0,04614	0,07525	0,05945	3,132
4	R – N	0,53	226,1	2,35	0,35	0,94	0,09646	0,10297	0,03604	0,964
5	S – N	0,54	226,9	2,36	0,72	0,69	0,09534	0,13738	0,09892	2,909
6	T – N	0,55	226,3	2,41	0,39	0,92	0,09311	0,10112	0,03944	1,101

Berdasarkan standar dibenarkan oleh SPLN dan PUIL 2000 adalah 5 s.d 10% untuk instalasi listrik tenaga. Hasil yang diperoleh berdasarkan perhitungan untuk instalasi tenaga pada panel PP-CU2 yang menggunakan kabel tanah NYY 4x50, hasil pengamatan tabel 4.15 dimana drop tegangan setiap fasa berkisar 0,964 s.d 4,769%. Dengan demikian jaringan pada panel PP-CU2 masih layak dan handal dioperasikan sebab drop tegangan diperoleh kecil dari yang ditetapkan adalah < 10%.

2. Tahanan Isolasi Kabel Tanah.

Berdasarkan standar tahanan isolasi kabel tanah 20 s.d 5,568 M Ω , hasil pengamatan seperti tabel 4.17 pada panel PP-CU2 yang menggunakan kabel tanah NY 4 x 50. diperoleh tahanan isolasi antar fasa-fasa dan fasa-netral berkisar 50 s.d 220 M Ω . Dengan demikian masih layak dan handal digunakan karena tahanan isolasi diatas yang dibenarkan adalah > 20 M Ω .

3. Keseimbangan Beban.

Berdasarkan hasil perhitungan yang bisa dipedomani standar keseimbangan beban setiap fasa suatu instalasi listrik adalah $\pm 2\%$ dari beban keseluruhan. Tabel 4.18 terlihat pendistribusian tenaga listrik untuk panel PP-CU2 setiap fasa terjadi keseimbangan beban seperti fasa R = 1,96%, fasa S = 1,71%, fasa T = 0,25%. Karena pembebanan mendekati keseimbangan yang dibenarkan $\pm 2\%$, maka diperoleh arus yang mengalir pada penghantar netral (I_{Net}) = 2,2 A, disamping itu diperlukan juga dilakukan penyeimbangan beban setiap fasa di panel PP-CU2.

4. Perbandingan Daya Terpasang Dan Daya Terpakai.

Daya terpasang dan daya terpakai dari pengamatan seperti tabel 4.19, daya terpasang pada panel PP-CU2 42 KVA dan daya terpakai 1,62 KVA, sedangkan faktor kerja jaringan pf = 0,48. dengan demikian daya terpakai hanya 3,8571% oleh sebab itu masih bisa penambahan beban pada panel PP-CU2. untuk kerja jaringan dapat dikatakan baik adalah pf = 0,48 oleh sebab itu diperlukan perbaikan faktor kerja pada jaringan instalasi listrik tenaga di panel PP-CU2 tersebut.

5. Distorsi Harmonisa Terhadap Tegangan Dan Arus.

Hasil pengukuran jaringan listrik tenaga terdistorsi tegangan dan arus terhadap beban non linier yang dilayani oleh panel PP-CU2 setiap fasa tegangan dan arus dapat dilihat tabel 4.32 dibawah ini :

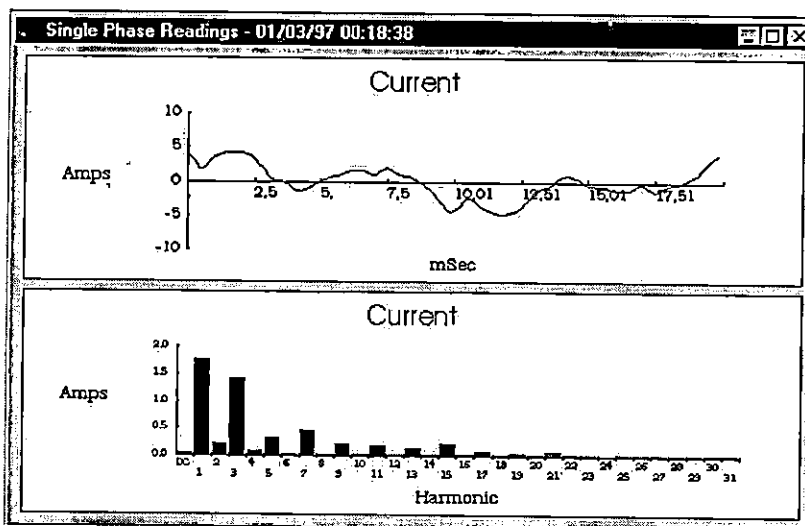
Tabel 4. 32 Panel PP- CU2
Data Hasil Pengukuran Dengan Fluke 41
Total Harmonic Distortion Voltages and Current

No	Panel	V Rms	V Thd	I Rms	I Thd	PF	DPF
1	R-S	392,40	2,20	17,23	8,42	0,90	0,91
2	R-T	390,20	2,06	16,71	8,46	0,79	0,81
3	S-T	393,40	2,13	14,88	9,13	0,91	0,93
4	R-Net	226,10	2,32	65,53	2,35	0,35	0,45
5	S-Net	226,90	2,41	67,98	2,36	0,72	1,00
6	T-Net	226,30	2,04	67,01	2,41	0,39	0,53

Hasil pengukuran pengaruh harmonik beban non linier dilakukan dengan power harmonic analyzer Fluke 41 B, standar pengaruh harmonik IEC 555/IEEE 519 terhadap tegangan dan arus dalam jaringan listrik tenaga seperti pada tabel 2.1, VTHD = 5% dan ITHD = 8%. Sedangkan hasil pengukuran analyzer fluke 41 B seperti tabel 4.32, dimana distorsi gelombang tegangan (VTHD) diperoleh antara 2,04 s.d 2,41%, hal ini masih dalam ambang batas yang diizinkan adalah < 5%. Distorsi terhadap gelombang arus (ITHD) diperoleh 2,35 s.d 9,13%, hal ini terdapat diatas batas yang dibenarkan adalah > 8%. Distorsi arus pada jaringan listrik tenaga pada panel PP-CU2 diperlukan perbaikan atau peredam pengaruh harmonisa. Sedangkan faktor kerja jaringan berkisar antara (pf) 0,45 s.d 1,00 hal ini dapat dikatakan dalam keadaan baik.

6. Bentuk Grafik Gelombang Arus Dan Spektrum Gelombang.

Hasil pengukuran bentuk gelombang arus yang terdistorsi terhadap beban non linier dilayani panel PP-CU2 dapat dilihat pada grafik 4.12 dibawah ini :



Grafik. 4. 12 . - Harmonisa Arus Panel PP-CU2

Bentuk gelombang arus yang terdistorsi terhadap beban non linier pada panel PP-CU2 seperti terlihat data spektrum harmonisa orde ganjil. Grafik 4.12 dan tabel 4.40 terlampir, dimana terjadi kecacatan gelombang arus pada orde 3,5,7 dan 9. dengan demikian diperlukan perbaikan bentuk gelombang arus saat beroperasi dengan filter harmonisa seperti filter pasif atau filter aktif.

N. Panel PP-A/EA (Panel Distribusi Tenaga Listrik Labor/Kantor Blok Building)

Panel PP-A/EA adalah sumber energi listrik yang melayani Jurusan Teknik Mesin dan Laboratorium Mekanika Mesin Fakultas Teknik UNP Padang. Secara teknis panel PP-A/EA melayani panel-panel PP-A dan LP-B seperti terlihat pada (Terlampir, Gambar 4.13) wiring diagram panel PP-A/EA kebeban. Bila terjadi gangguan listrik pada panel ini akan terganggu semua kelistrikan Kantor Jurusan Teknik Mesin dan Laboratorium Mekanika Mesin FT UNP, oleh sebab itu sangat diperlukan sekali perawatan dan pengecekan semua komponen yang ada pada panel tersebut. Dari hasil pengamatan yang berhubungan dengan kelayakan dan kehandalan jaringan listrik yang ditinjau dari aspek drop tegangan, tahanan isolasi, keseimbangan beban, distorsi harmonisa dan spektrum gelombang arus dan tegangan yang terkandung pada jaringan tersebut.

1. Drop Tegangan.

Hasil pengukuran drop tegangan pada panel PP-A/EA antara fasa-fasa dan fasa-netral dapat dilihat tabel 4.16 dibawah ini :

Tabel 4. 16 Tegangan Drop Sistem Distribusi Daya Panel LP-A / EA

No	Fasa	kVA	Vb	Ib	pF	Sin	X	Z	R	Vdrop
		VA	Volt	Amps	%	ϕ	Ohm	Ohm	Ohm	%
1	R - S	7,37	388,5	18,98	0,88	0,47	0,02048	0,04312	0,03794	4,350
2	R - T	8,73	385,2	22,67	0,54	0,84	0,017	0,02019	0,0109	1,536
3	S - T	8,73	385,2	22,67	0,84	0,54	0,017	0,03132	0,02631	3,708
4	R - N	2,37	223,7	10,59	0,14	0,99	0,02111	0,02132	0,00299	0,319
5	S - N	2,34	225	10,42	0,83	0,56	0,02163	0,03879	0,03219	4,138
6	T - N	2,31	221,8	10,43	0,72	0,69	0,0213	0,03069	0,0221	2,938

Berdasarkan standar dibenarkan oleh SPLN dan PUIL 2000 adalah 5 s.d 10 % untuk instalasi listrik tenaga. Hasil yang diperoleh berdasarkan perhitungan untuk instalasi listrik tenaga pada panel PP-A/EA yang menggunakan kabel tanah NYY 4 x 4, hal ini dibawah batas yang diizinkan adalah <10%. Dengan demikian instalasi pada panel PP-A/EA diperoleh dibawah nilai yang diizinkan, oleh sebab itu dapat dikatakan masih dalam keadaan layak dan handal dioperasikan instalasi listrik tenaga tersebut.

2. Tahanan Isolasi Kabel Tanah.

Berdasarkan standar tahanan isolasi 5 s.d 5,568 M Ω , hasil pengamatan seperti tabel 4.17 pada panel PP-A/EA yang menggunakan kabel tanah NYY 4 x 4 diperoleh tahanan isolasi antar fasa-fasa dan fasa-netral 5 s.d 22 M Ω . dengan demikian

kelayakan dan kehandalan instalasi listrik tenaga kabel tanah NYY 4 x 4 masih dikatakan mendekati tahanan isolasi yang dibenarkan adalah $> 5 \text{ M}\Omega$ untuk jaringan panel PP-A/EA tersebut.

3. Keseimbangan Beban.

Berdasarkan hasil perhitungan yang bisa dipedomani sebagai standar keseimbangan beban setiap fasa suatu instalasi listrik adalah $\pm 2\%$ dari beban keseluruhan. Tabel 4.18 terlihat pendistribusian tenaga listrik untuk panel PP-A/EA setiap fasa terjadi ketidak keseimbangan beban seperti fasa R = 1,05%, fasa S = 0,57% dan fasa T = 0,48%. Karena ketidak seimbangan beban yang mempunyai akibat diperolehnya arus pada penghantar netral sebesar (I_{Net}) = 20,2 A, hal ini sangat besar maka diperlukan pengimbangan beban setiap fasa di panel PP-A/EA tersebut.

4. Perbandingan Daya Terpasang Dan Daya Terpakai.

Daya terpasang dan daya terpakai dari pengamatan seperti tabel 4.19, daya terpasang pada panel PP-A/EA 13,28 KVA dan daya terpakai 7,02 KVA, sedangkan faktor kerja jaringan (pf) 0,56. dengan demikian daya terpakai hanya 52,861% oleh sebab itu masih bisa penambahan beban pada panel PP-A/EA, untuk faktor kerja jaringan dapat dikatakan baik adalah (pf) 0,56, oleh sebab itu tidak diperlukan perbaikan faktor kerja pada jaringan instalasi listrik tenaga di panel PP-A/EA tersebut.

5. Distorsi Harmonisa Terhadap Tegangan Dan Arus.

Hasil pengukuran jaringan listrik tenaga terdistorsi tegangan dan arus terhadap beban non linier yang dilayani oleh panel PP-A/EA setiap fasa tegangan dan arus dapat dilihat tabel 4.33 dibawah ini :

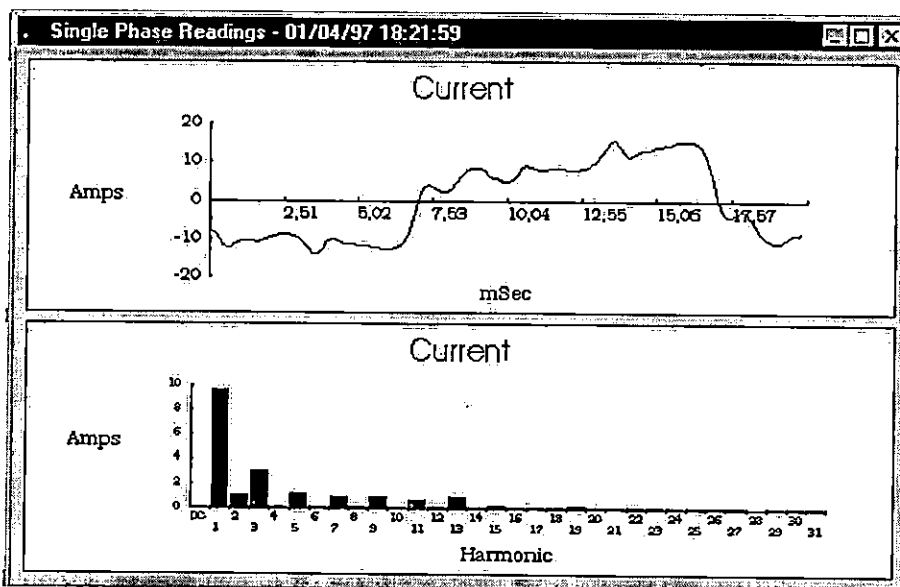
Tabel 4. 33 Panel LP- A/EA
Data Hasil Pengukuran Dengan Fluke 41
Total Harmonic Distortion Voltages and Current

No	Panel	V Rms	V Thd	I Rms	I Thd	PF	DPF
1	R-S	388,50	2,08	18,98	16,25	0,88	0,89
2	R-T	385,20	2,01	22,67	13,22	0,84	0,84
3	S-T	387,70	2,02	15,30	11,29	0,76	0,76
4	R-Net	223,70	2,31	10,59	38,35	0,14	0,16
5	S-Net	225,00	2,27	10,42	42,33	0,83	0,92
6	T-Net	221,80	2,17	10,43	38,35	0,72	0,79

Hasil pengukuran pengaruh harmonik beban non linier dilakukan dengan power harmonic analyzer Fluke 41 B, standar pengaruh harmonik IEC 555/IEEE 519 terhadap tegangan dan arus dalam jaringan listrik tenaga seperti pada tabel 2.1, VTHD = 5% dan ITHD = 8%. Sedangkan hasil pengukuran analyzer Fluke 41 B seperti tabel 4.33, dimana distorsi gelombang tegangan (VTHD) diperoleh antara 2,01 s.d 2,31%, hal ini masih dalam ambang batas yang diizinkan adalah < 5 %. Distorsi terhadap gelombang arus (ITHD) diperoleh 11.29 s.d 42.33%, hal ini terdapat diatas batas yang dibenarkan adalah > 8%. Distorsi arus pada jaringan listrik tenaga pada panel PP-EA diperlukan perbaikan atau meredam pengaruh harmonisa. Sedangkan faktor kerja jaringan berkisar antara (pf) 0,16 s.d 0,92 hal ini dapat dikatakan dalam keadaan baik.

6. Bentuk Grafik Gelombang Arus Dan Spektrum Gelombang.

Hasil pengukuran bentuk gelombang arus yang terdistorsi terhadap beban non linier dilayani panel PP-A/EA dapat dilihat pada grafik 4.13 dibawah ini :



Grafik. 4. 13 . - Harmonisa Arus Panel LP-A/EA

Bentuk gelombang arus yang terdistorsi terhadap beban non linier pada panel PP-A/EA seperti terlihat data spektrum harmonisa orde ganjil. Grafik 4.13 dan tabel 4.47 terlampir, dimana terjadi kecacatan gelombang arus pada orde 3, 5, 7, 9, 11, 13 dan 15. dengan demikian diperlukan perbaikan bentuk gelombang arus saat beroperasi dengan filter harmonisa seperti filter pasif atau filter aktif.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Penelitian Analisis Kelayakan dan Keandalan Operasi Instalasi Tenaga Listrik ini meninjau fenomena drop tegangan pada saat berbeban, tahanan isolasi kabel tanah, pendistribusian daya dan distorsi harmonisa berbeban dalam jaringan setiap panel distribusi tenaga listrik. Setelah melakukan pengujian, pengamatan, temuan dan bahasan maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Drop Tegangan Instalasi Distribusi Tenaga Listrik.

Selama pengamatan diperoleh drop tegangan pada setiap panel distribusi tenaga listrik sebesar 21,43% dan dapat dikatakan sangat diragukan karena besarnya drop tegangan akan mengakibatkan besarnya pemakaian tenaga listrik, sedangkan 78,57% dapat dikatakan masih handal dalam penggunaan panel tersebut.

2. Tahanan Isolasi Kabel Tanah Instalasi Tenaga Listrik FT-UNP.

Tahanan isolasi kabel tanah yang digunakan pada panel-panel distribusi tenaga listrik adalah $> 20 \text{ M}\Omega$ sebesar 57,14% dan $< 20 \text{ M}\Omega$ sebesar 42,85%, dalam hal ini tahanan isolasi kabel tanah yang digunakan untuk melayani kelistrikan FT UNP dapat dikatakan masih dapat digunakan. Pada panel CDC1, DCD2 dan PP-LP-A dimana kabel-kabel tanah tersebut memperoleh kelembaban yang tinggi, hal ini dilakukan pengukuran setelah hujan dan sebelum hujan diperoleh $< 18 \text{ M}\Omega$, oleh sebab itu perlu mendapat perhatian khusus panel-panel tersebut.

3. Distribusi Keseimbangan Beban

Pembagian beban tenaga listrik pada setiap panel distribusi tenaga listrik terdapat ketidak seimbangan sebesar 64,28% dan pembagian beban yang seimbang 35,71%. Pembagian beban tenaga listrik pada setiap panel diperlukan pembenahan kembali. Pengamatan dilapangan pada setiap jurusan FT-UNP dalam penambahan beban tenaga listrik tidak adanya pengaturan khusus, maka mengakibatkan terjadi suatu pembagian beban tenaga listrik yang tidak seimbang.

4. Kandungan Harmonik Jaringan Distribusi Tenaga Listrik FT-UNP

Berdasarkan hasil pengukuran dengan 41 B Power Harmonic Analyzer nilai-nilai %THD dari tegangan dan arus sebagai berikut;

- a. Kandungan harmonik tegangan dapat diterima/sesuai kecil dari standar VTHD = 5% yang diperbolehkan sedangkan diperoleh adalah VTHD = 3,63%.
 - b. Kandungan harmonik arus tidak dapat diterima/sesuai dari standar IHTD = 8% yang diperbolehkan sedangkan diperoleh adalah ITHD = 9,47% s/d 78,04%. Dalam hal ini pengaruh harmonik arus diperlukan perbaikan untuk meminimalisasi kandungan harmonik arus tersebut.
5. Berdasarkan spektrum dan kurva gelombang arus kandungan harmonik pada setiap jaringan, komponen sistem distribusi tenaga listrik akan mengalami penurunan kinerja dan juga akan mengalami kerusakan peralatan yang digunakan. Bentuk gelombang arus akibat distorsi harmonik yang lebih dominan pada harmonik ke 3, 5, 7 dan 9. Dalam hal ini distorsi harmonik arus jaringan distribusi tenaga FT-UNP perlu diminimalisasikan untuk mengurangi pengaruh harmonik tersebut.

B. Saran-Saran.

1. Semua beban yang ada pada panel distribusi tenaga listrik di FT-UNP diperlukan keseimbangan beban pemakai tenaga listrik pada setiap instalasi tenaga maupun instalasi penerangan, karena terdapatnya arus netral tidak nol. Oleh sebab itu diperlukan audit energi listrik di FT-UNP Padang.
2. Drop tegangan pada setiap panel distribusi tenaga listrik bisa terjadi disebabkan oleh kontak-kontak magnetik (Magnetic Contactor) dan saklar hubung (Disconnecting Switch) yang tidak terpasang dengan baik atau telah berkarat karena tidak terhubung dengan sempurna. Oleh sebab itu disarankan untuk merevisi kembali semua saklar hubung pada panel-panel tersebut.
3. Karena adanya pengaruh harmonik pada jaringan distribusi tenaga listrik pada setiap panel di FT-UNP, disarankan memasang filter harmonik disetiap panel atau disentralisasi pada satu panel. Usaha ini sangat diperlukan untuk penghematan dalam pembayaran tenaga listrik, disamping itu juga bisa lebih memperbaiki kualitas penggunaan tenaga listrik dan menjaga kerusakan peralatan dari pengaruh harmonik jaringan listrik.

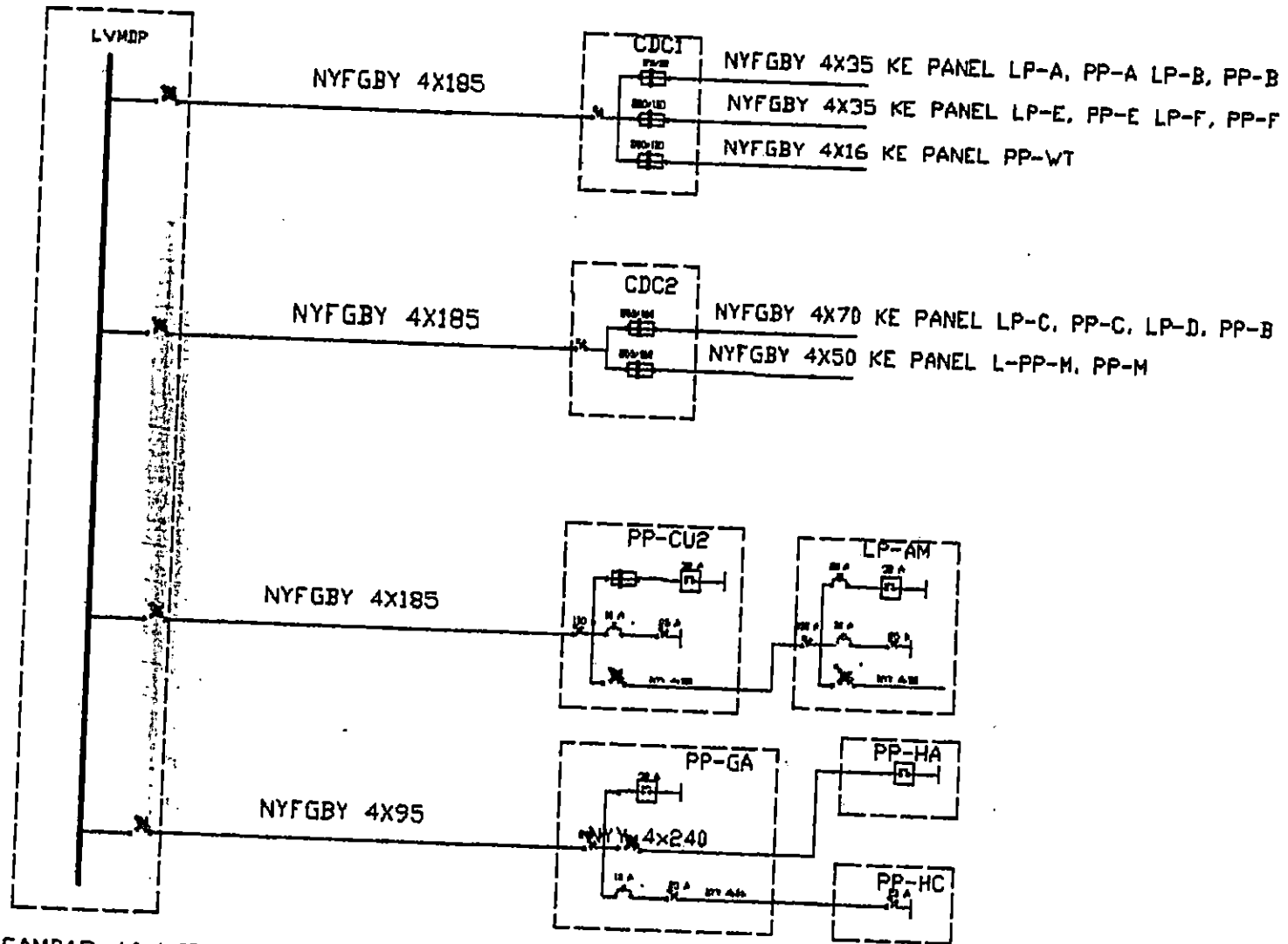
PUSTAKA

1. Abduh Syamsir, "*Dasar Pembangkitan Dan Pengukuran Teknik Tegangan Tinggi*", Salemba Teknika, Jakarta 2001.
2. Asy'ari Hasyin, "*Pengaruh Perubahan Suhu Terhadap Tegangan Tembus Pada Bahan Isolasi Cair*", Jurnal V4-No 2 September 2001.
3. Bachtiar. H Awang Djohan, "*Studi Pemakaian Kapasitor 6,3 kV Sebagai Filter Harmonik Pada sistem Distribusi Listrik PT.Semen Gresik (Persero) Tbk Pabrik Tuban IIP*", Jurusan Teknik Elektro Universitas kristen Patra Surabaya, 2001.
4. Elektro Indonesia, "*Analisis Kegagalan Minyak Transformator*", Nomor 12, Maret 1998.
5. Elektro Indonesia, "*Metoda Penyediaan Sumber Daya DC*", Nomor 24, Januari 1999.
6. Elektro Indonesia, "*Cogeneration Pembangkit Listrik Yang Ideal*", Nomor 25, April 1999.
7. Fluke 39/41B. "*Power Harmonics Test*", Users manual, Juli 1995 Rev 2.6/98
8. Hutaaruk.T.S, "*Analisa Sistem Tenaga Listrik Jilid 1 & 2*", Jurusan Elektro Teknik ITB, Bandung 1983.
9. Halpin S. Mark Cs, "*Harmonic limit Compliance Evaluation Using IEEE 519- 1992*", Mississippi State University, Starkville
10. Hadisasono. Kondang, "*Panel Berisolasi Gas*", Elektro Indonesia, Nomor 28, Tahun VI, Oktober 1999.
1. Yusak Tanodo Cs, "*Simulasi Active Filter Dan Sistem Kerja Rangkaian Dalam Meredam Harmonisa Pada Vacuum Casting Induction Furnace Dengan Daya 9 kW, 13,8 kVA, 200V, 3Fasa, 50/60 Hz*", Jurnal Teknik Elektro Vol 5, No.1 Maret 2005.
2. Kadir Abdul Prof, "*Beberapa Kecenderungan Pengembangan Teknologi Penyediaan Tenaga Listrik*", Elektro Indonesia, Nomor 27, Tahun VI, Agustus 1999.
3. Li.Jianlin, et al, "*A Novel Current Source Converter With Carrer Phase Shifted SPWM For Active Power Factor*", Electrical Engineering Dept. Zhejiang Unversity Hangzhou China, 2000.
4. Massara. Robert E, "*Active Filter Chapter 29*", University of Essex, 2000 by CRC Press LLC.
5. Muhammad,Harunur Rashid, "*Power Electronic Circuit Devices and aplication*", New York, 1989.
6. Nugroho Agus, "*Analisa Koordinasi OCR – Recloser Penyulang Kaliwungu 03*", Jurnal Teknik Elektro Vol 11, Juni 2006.

17. PUIL 2000, "*Peraturan Umum Instalasi Listrik 2000*", Jakarta 2000.
18. Stevenson.W.D,"*Analisis Sistem Tenaga Listrik*", Edisi Keempat, Erlangga, Jakarta 1983.
19. Sambodho.S,"*Pengenalan Mutu Listrik*", Seminar Nasional, PLN (Persero), 28 s/d 29 Agustus 2002.
20. Sen.PC,"*Principles of Electrical Machines and Power Electronic*", Queen's University, Kingston April 1987.
21. Syafrudin, Pekik A,"*Analisis Penggunaan Autotrafo Penggeser fasa Sebagai Minimisator harmonisa Arus Di sistem Distribusi Tenaga listrik*",Laboratorium Konversi energi Elektrik, ITB Desember 1999.
22. Sugiyono Agus,"*Teknik Penghilangan Harmonisa Pada Inverter Satu Fasa Dengan Mikroprosesor Sebagai Pembangkit Sinyal Kendali*", Jurusan Teknik Elektro, ITB 1988.
23. SNI "*Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2000*", Badan Standarisasi Nasional , Jakarta 2000.
24. Subiyanto, "*Aplikasi Jaringan Syaraf Tiruan Sebagai Metode Alternatif Prakiraan Beban Jangka Pendek*", Elektro Indonesia, Nomor 29, Tahun VI, Januari 2000.
25. SPLN 43 – 5 – 2, "*Pengaturan Tegangan Dalam Jaringan Listrik 230/400V*", Jakarta 1995.
6. SPLN 64 - ..., "*Petunjuk Pemilihan Dan Penggunaan Pelebur Pada Sistem Distribusi Tegangan Menengah*", Jakarta 1985.
7. SPLN 52 – 3 - ..., "*Pola Pengamanan Sistem*", Jakarta 1983.
8. UAF42.....,"*Universal Active Filter*", Burr-Brown Corporation 1990, Printed in USA, January, 1998.

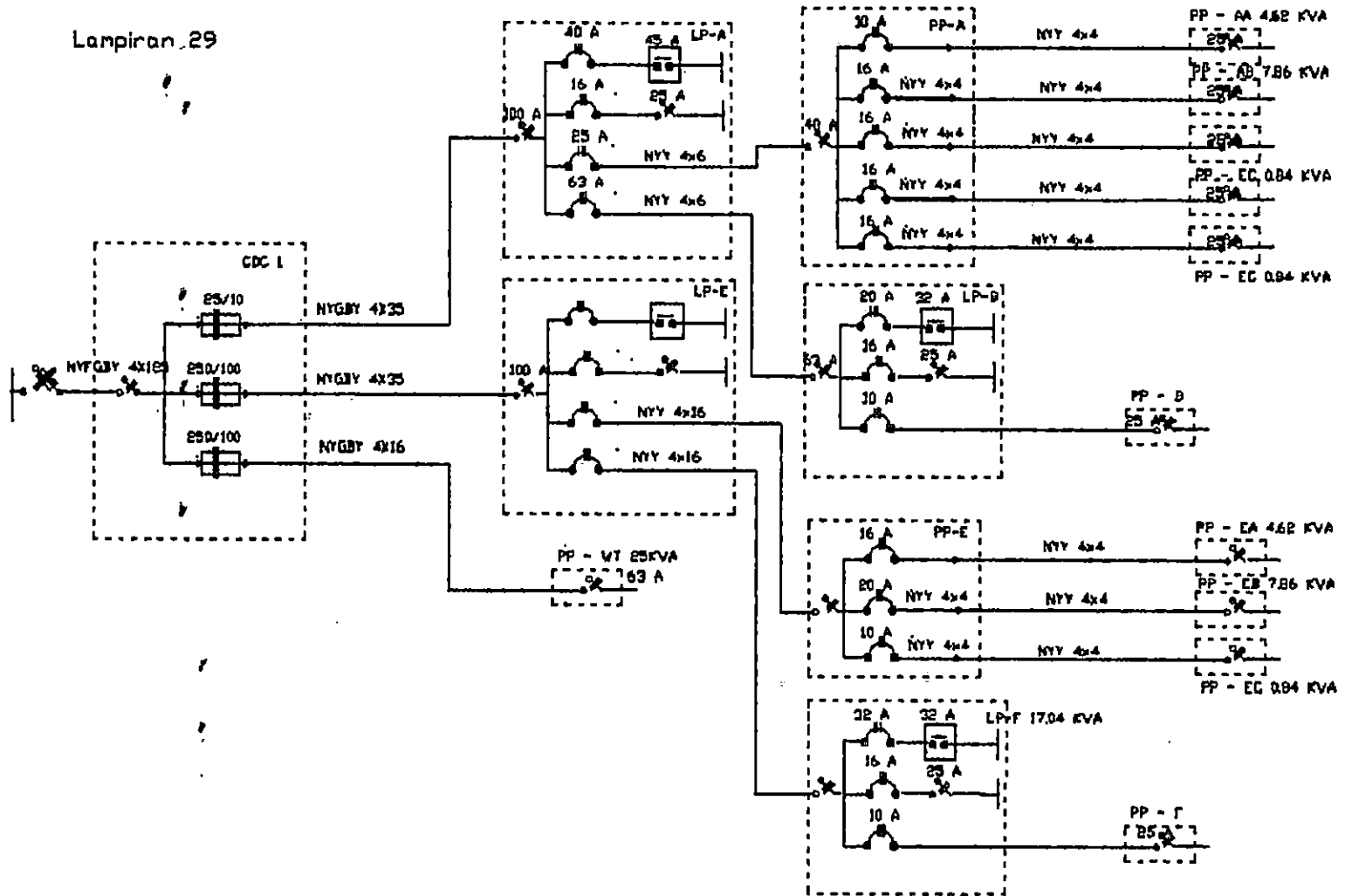
LAMPIRAN WIRING DIAGRAM PANEL DAN TABEL SPEKTRUM

LAMPIRAN 28



GAMBAR 4.1 WIRING DIAGRAM PANEL LVMDP KE BEBAN

Lampiran 29



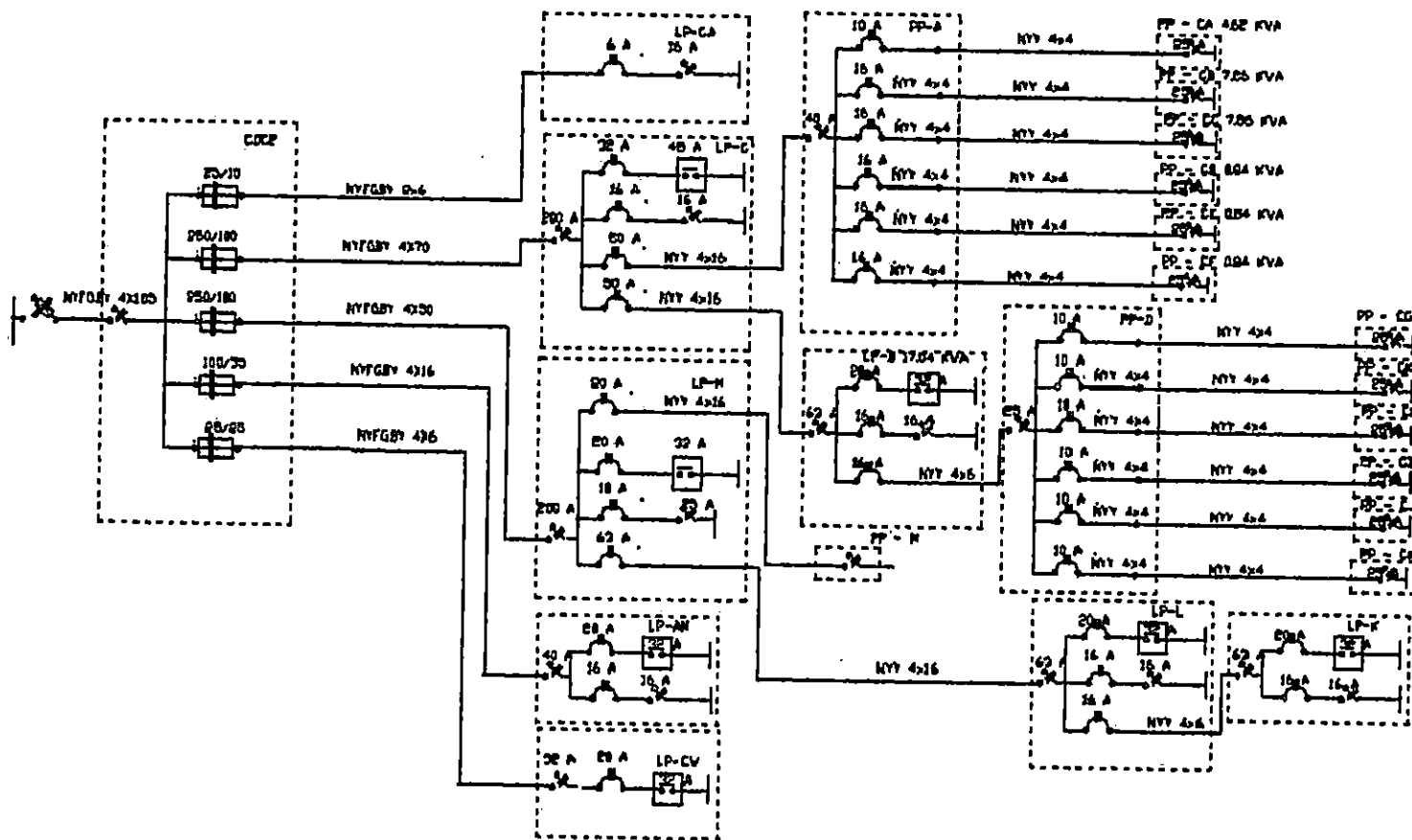
GAMBAR 2. WIRING DIAGRAM PANEL CDC1 KE PANEL BEBAN

4.2



FIG. 1. A perspective view of the valve assembly.

LAMPIRAN 30



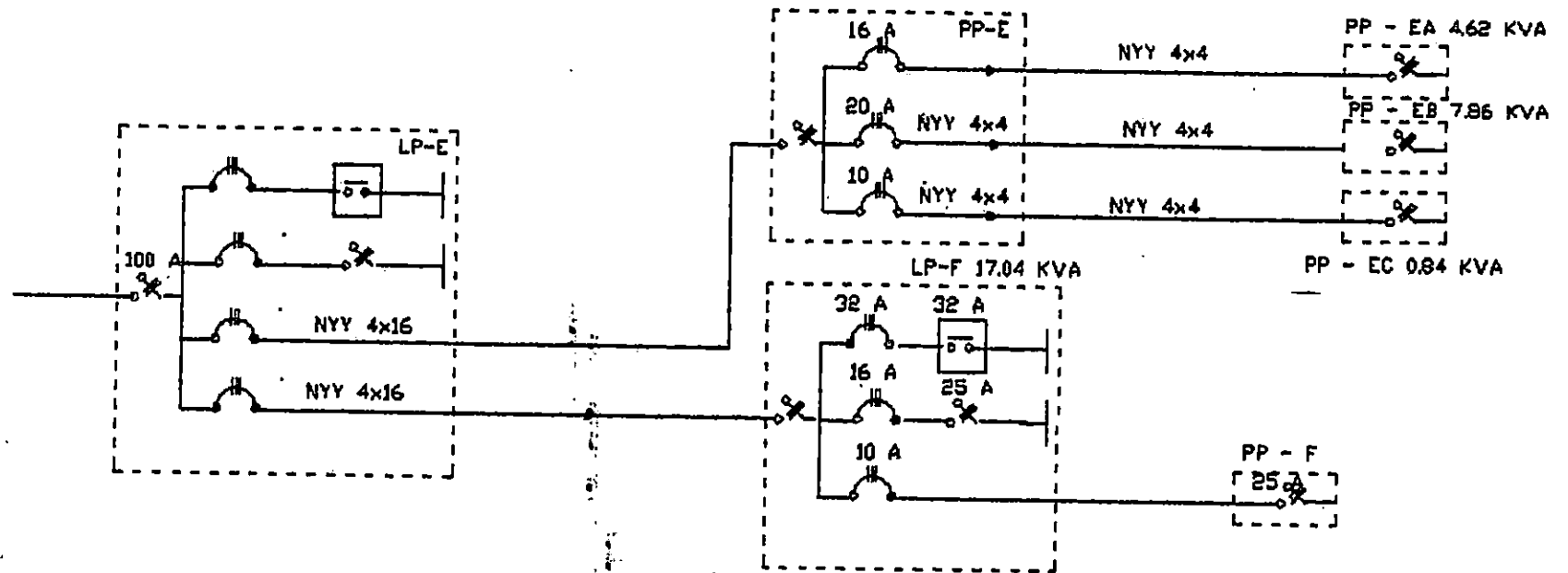
GAMBAR 4. 3 WIRING DIAGRAM PANEL CDC2 KE PANEL BEBAN

Figure 1.5.1.2



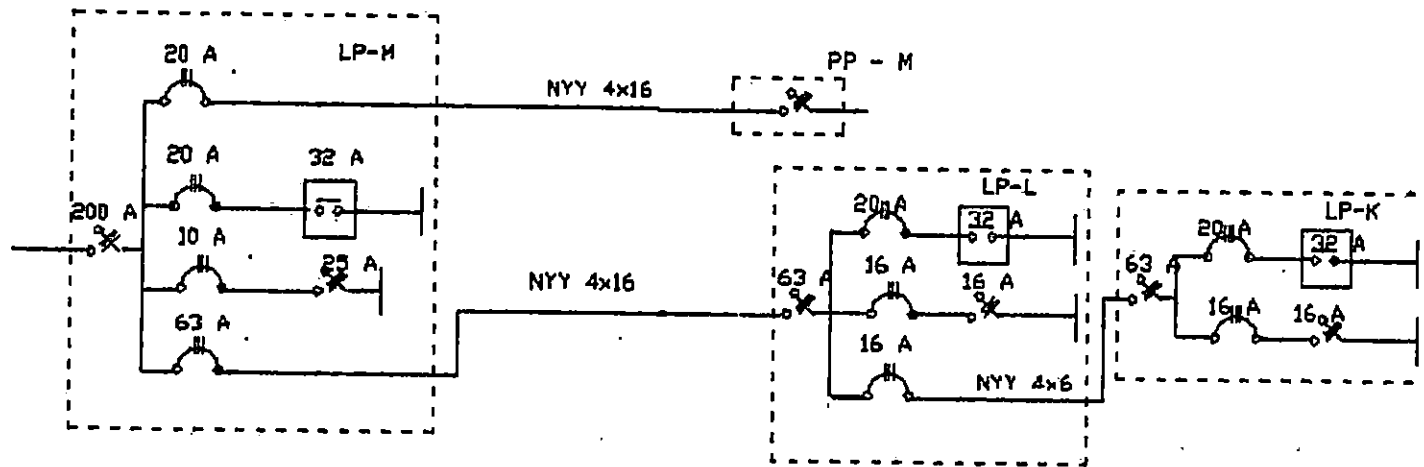
Figure 1.5.1.3

Lampiran 31



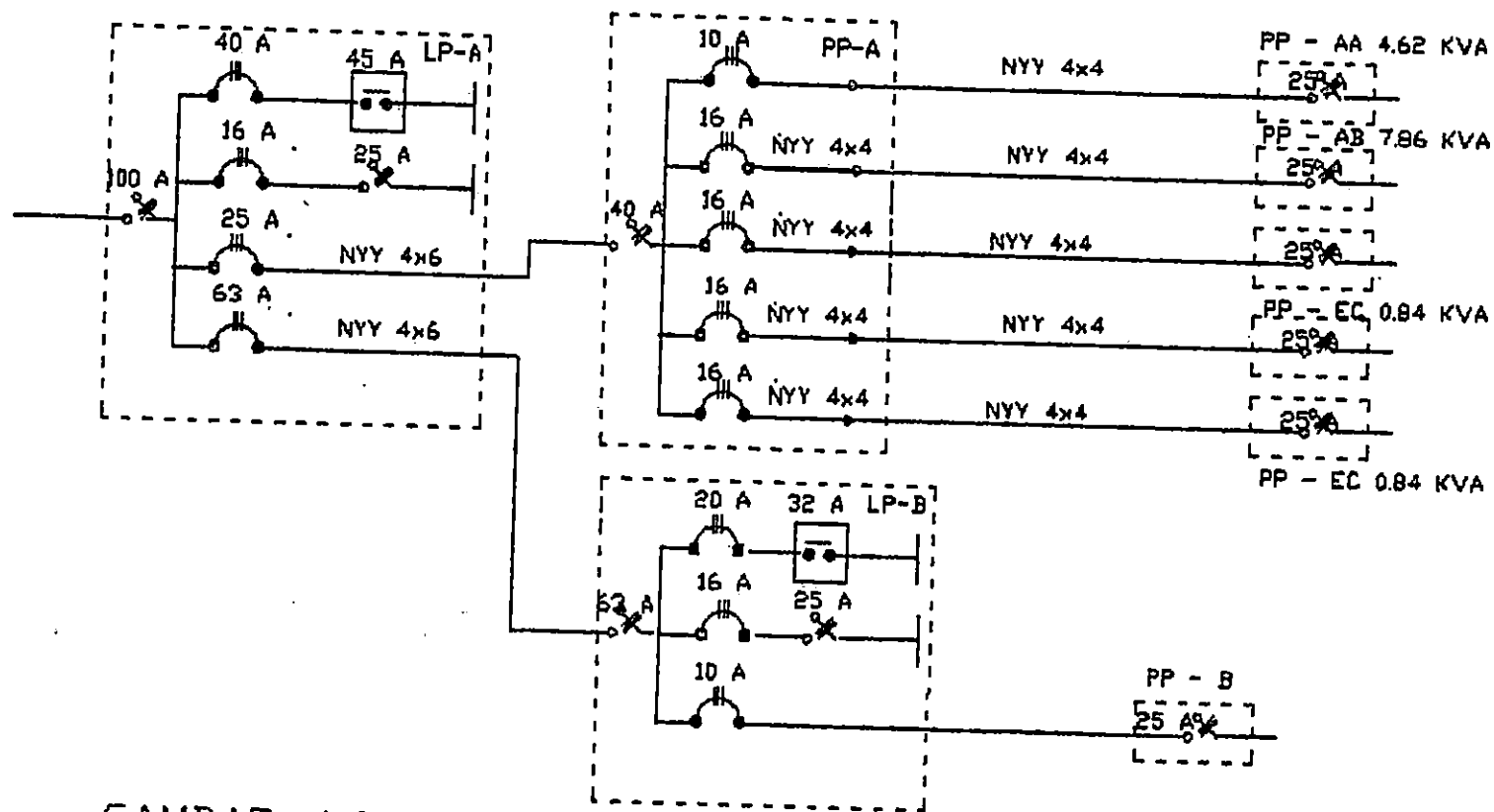
GAMBAR 4. 4 WIRING DIAGRAM PANEL LP- E KE BEBAN

LAMPIRAN 32



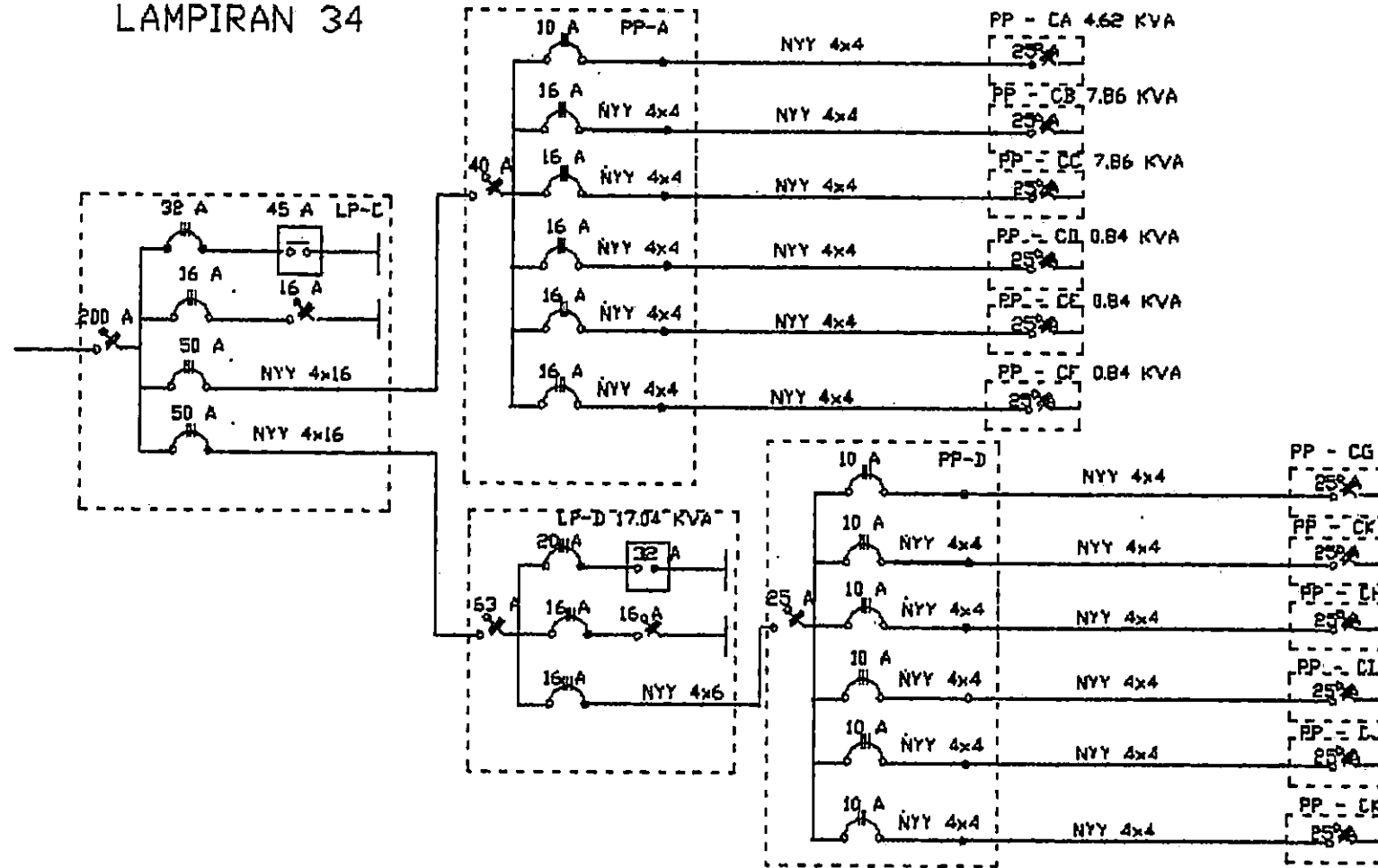
GAMBAR 4. 5 WIRING DIAGRAM PANEL LP-M KE BEBAN

LAMPIRAN 33



GAMBAR 4.6 WIRING DIAGRAM PANEL LP- A KE BEBAN

LAMPIRAN 34



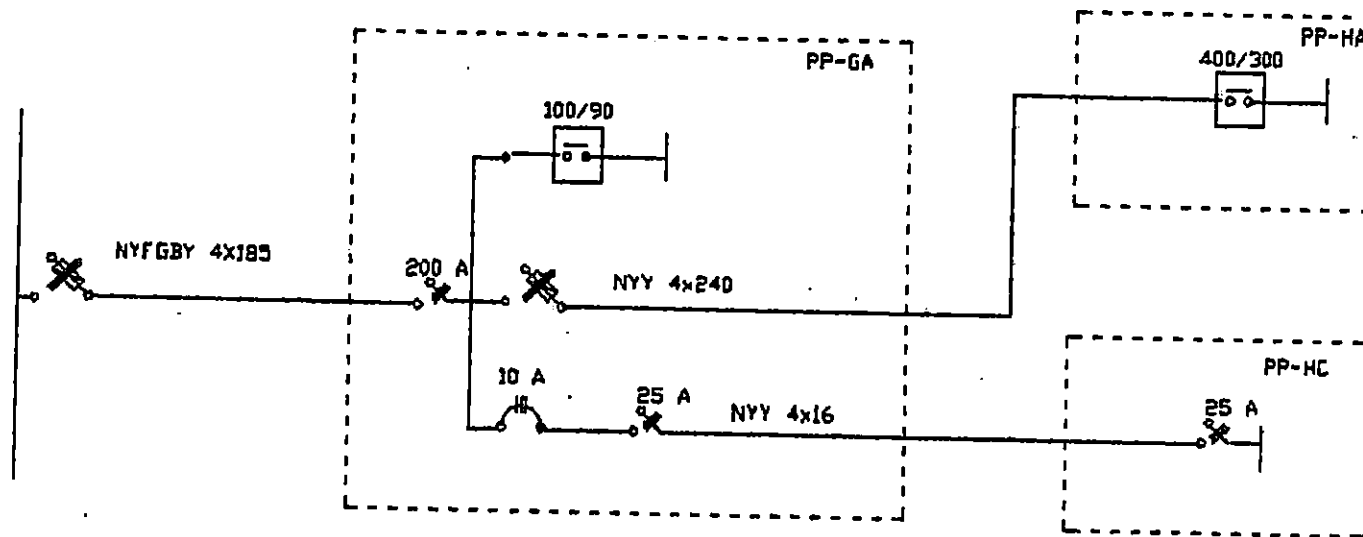
GAMBAR 4. 7 WIRING DIAGRAM PANEL LP-C KE BEBAN

100-100000

NO.	NAME	ADDRESS	CITY	STATE	ZIP
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50

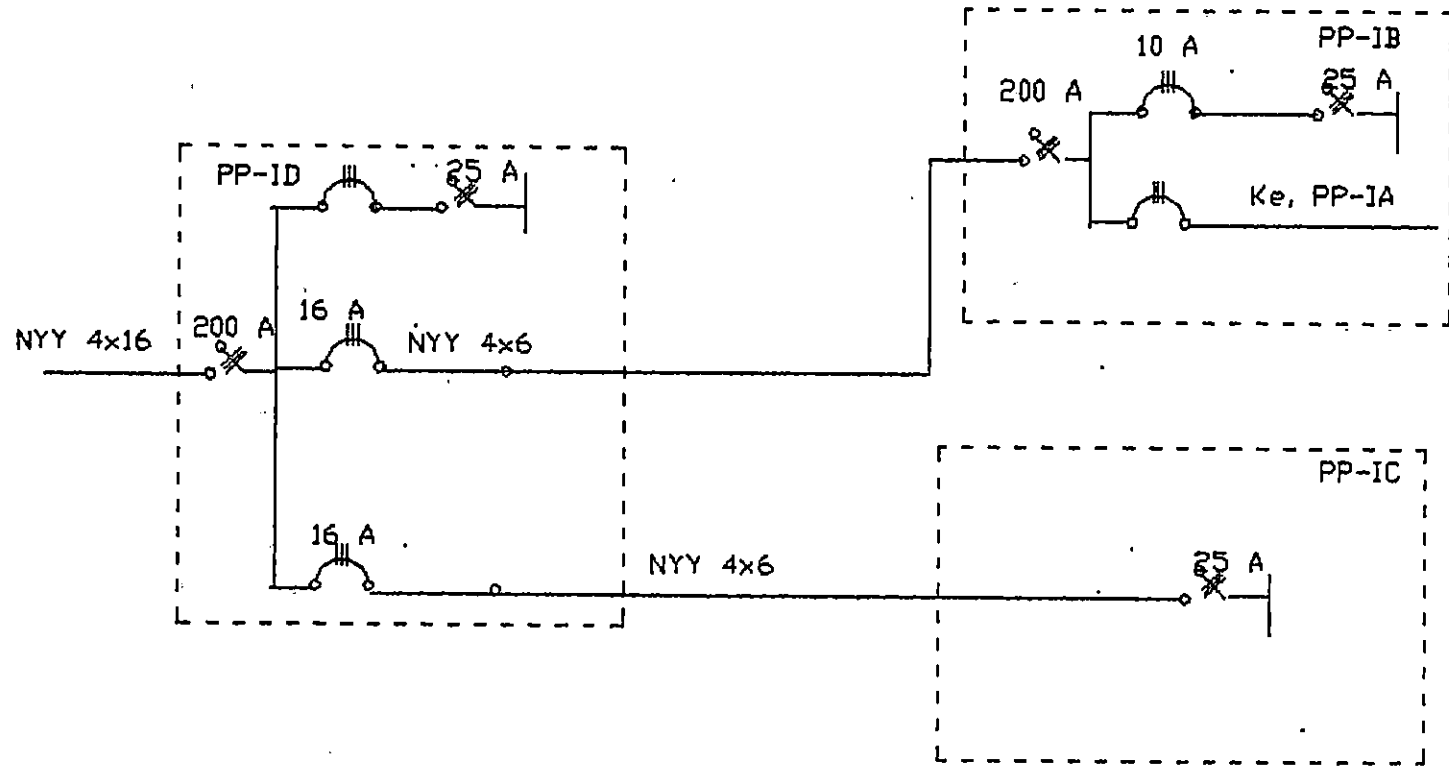
100-100000

Lampiran 35



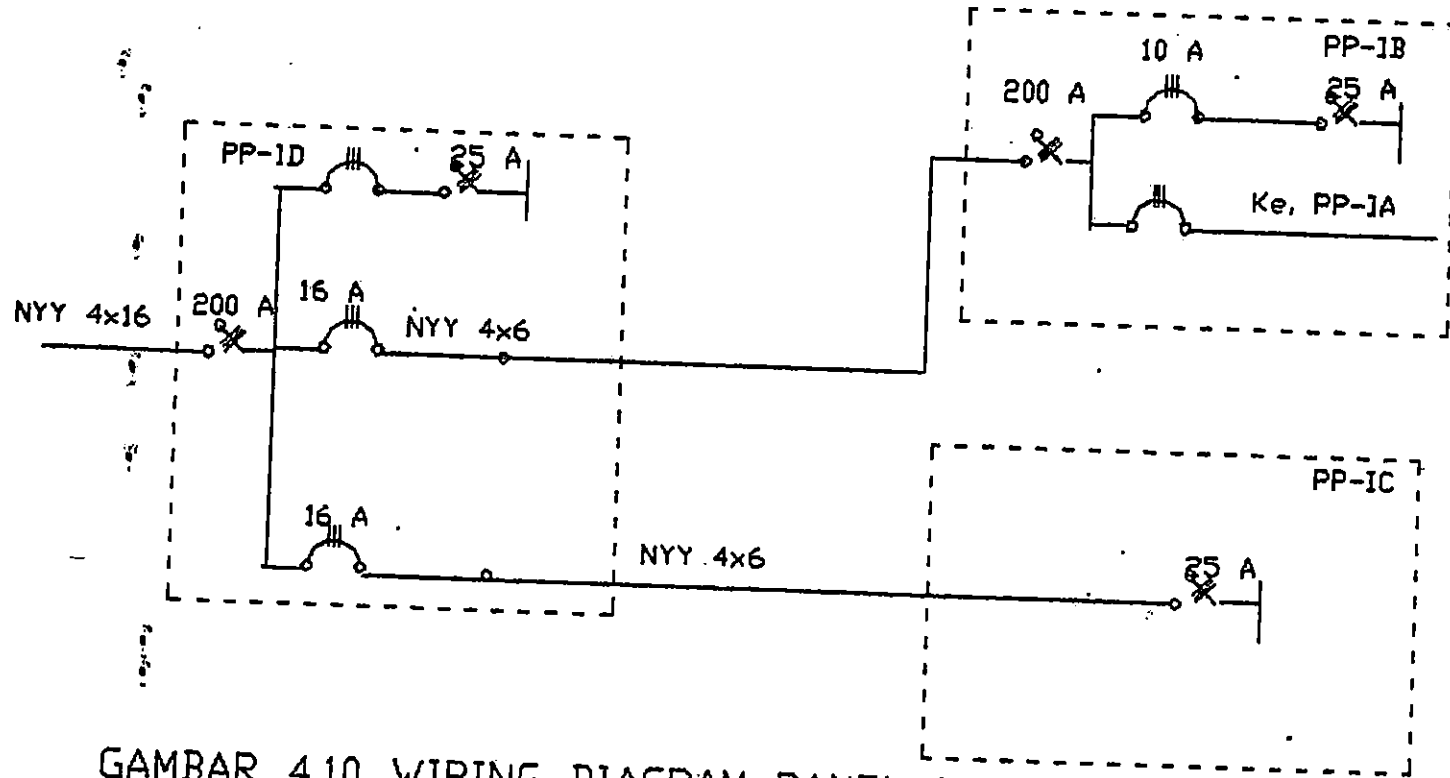
GAMBAR 4.8 WIRING DIAGRAM PANEL PP-GA KE BEBAN

Lampiran 36



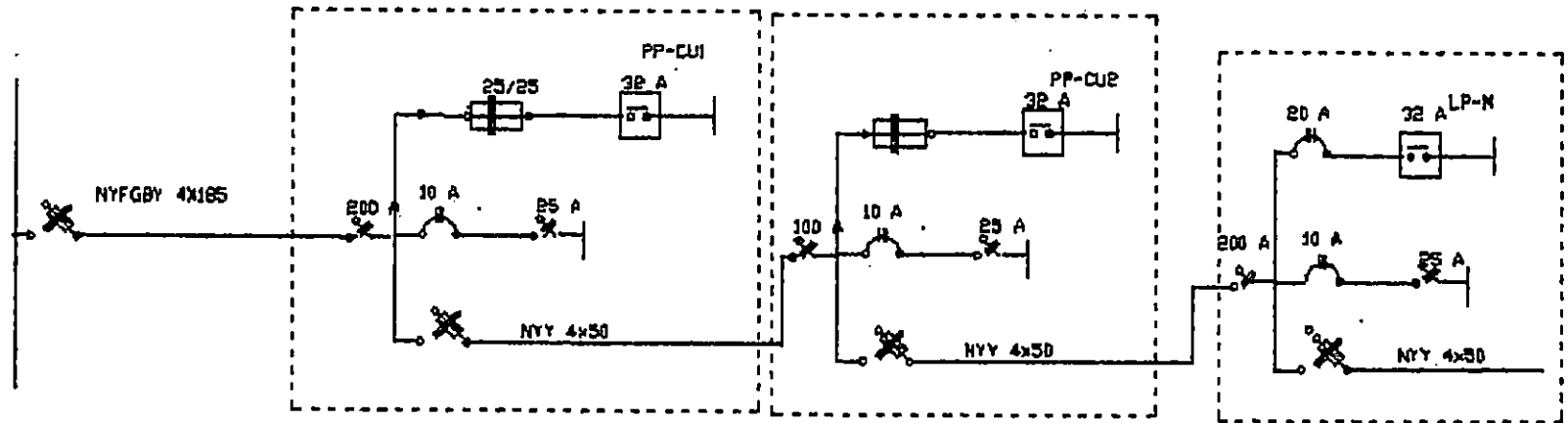
GAMBAR 4.9 WIRING DIAGRAM PANEL PP-IB KE BEBAN

LAMPIRAN 37



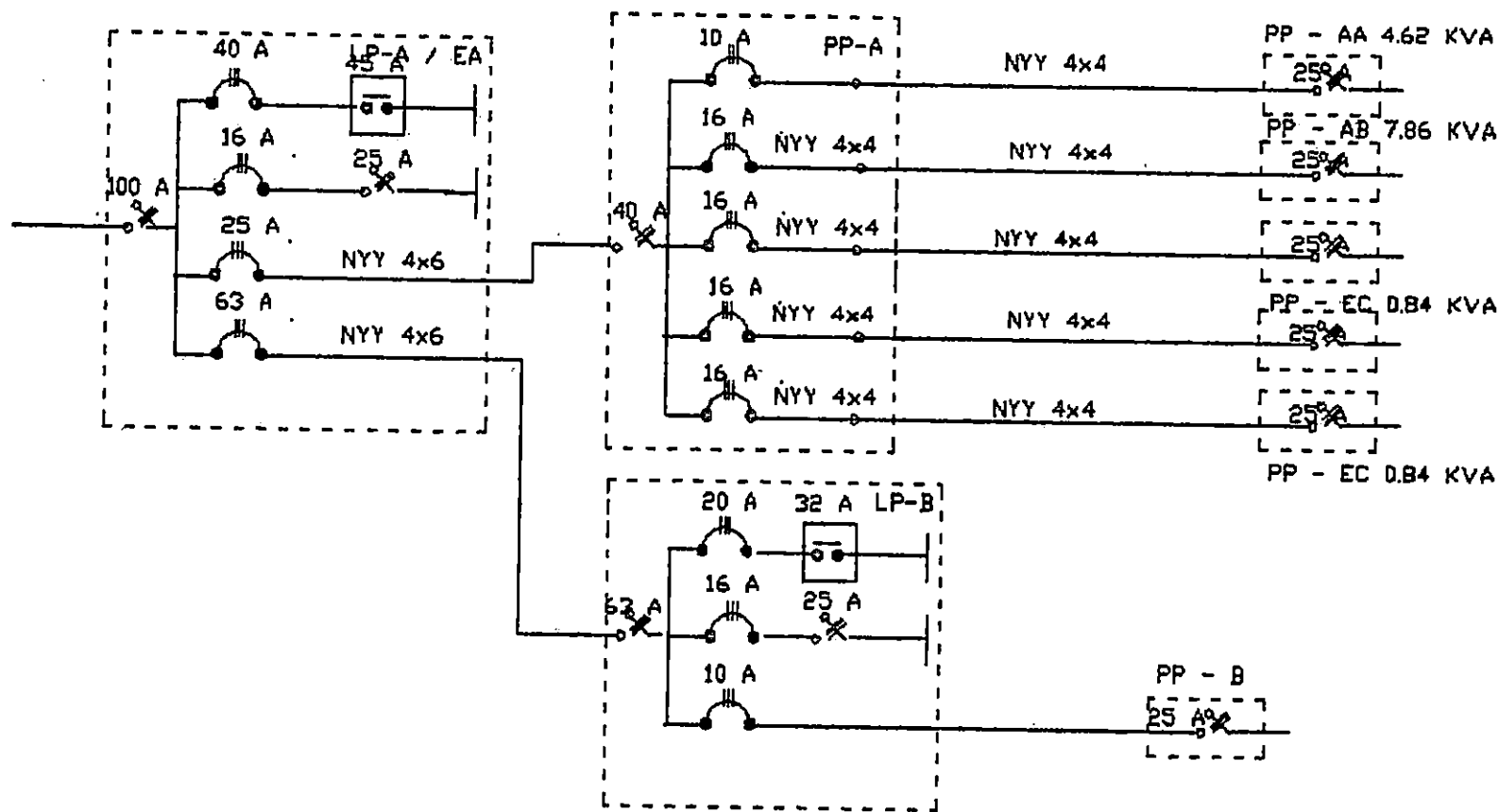
GAMBAR 4.10 WIRING DIAGRAM PANEL PP-ID KE BEBAN

LAMPIRAN 39



GAMBAR 4.12 WIRING DIAGRAM PANEL PP-CU2 KE BEBAN

LAMPIRAN 40



GAMBAR 4.13 WIRING DIAGRAM PANEL LP- A /EA KE BEBAN

Tabel 4. 34 Spektrum Harmonisa Orde Ganjil Tegangan dan Arus Pada Panel LYMDP Fasa R - S

Ke	Freq	V mag	% Vrms	I mag	% I rms
1	49,81	387,66	99,95	169,6	99,88
3	149,44	0,5	0,13	4,75	2,8
5	249,07	6,5	1,68	1,5	0,88
7	348,7	2,84	0,73	1,38	0,81
9	448,33	0,16	0,04	1,19	0,7
11	547,96	0,66	0,17	1,25	0,74
13	647,58	1,72	0,44	1,56	0,96
15	747,41	0,16	0,04	0,69	0,4
17	846,84	0,56	0,15	0,94	0,55
19	946,47	0,38	0,1	0,5	0,29
21	1046,1	0,28	0,07	0,56	0,33

Fasa R - T

Ke	Freq	V mag	% Vrms	I mag	% I rms
1	49,66	385	99,98	175,06	99,93
3	148,98	0,5	0,13	4,44	2,53
5	248,3	5,88	1,53	2,06	1,18
7	347,62	2,72	0,71	1,5	0,86
9	446,94	0,13	0,03	1,5	0,86
11	546,27	0,72	0,19	1,44	0,82
13	645,59	1,19	0,31	1,56	0,89
15	744,91	0,19	0,05	0,81	0,46
17	844,23	0,38	0,1	0,69	0,37
19	943,55	0,34	0,09	0,44	0,25
21	1042,87	0,09	0,02	0,31	0,18

Fasa S - T

Ke	Freq	V mag	% Vrms	I mag	% I rms
1	49,66	387,19	99,99	138,5	99,87
3	148,98	0,78	0,2	4,56	3,29
5	248,3	6,34	1,64	0,88	0,63
7	347,62	2,72	0,7	1,19	0,86
9	446,94	0,31	0,08	1,69	1,22
11	546,27	0,59	0,15	1,13	0,81
13	645,59	1,97	0,51	2,63	1,89
15	744,91	0,25	0,06	0,94	0,68
17	844,23	0,47	0,12	0,81	0,59
19	943,55	0,5	0,13	0,88	0,63
21	1042,87	0,06	0,02	0,19	0,14

Fasa R - N

Ke	Freg	V mag	% Vrms	I mag	% I rms
1	49,66	221,78	99,97	197,06	99,79
3	148,98	0,55	0,25	5,56	2,82
5	248,3	3,52	1,58	1,31	0,66
7	347,62	1,5	0,68	1,75	0,89
9	446,98	0,52	0,23	1,56	0,79
11	546,27	0,34	0,15	1,25	0,63
13	645,59	0,78	0,35	1,13	0,57
15	744,91	0,28	0,13	0,88	0,44
17	844,23	0,27	0,12	0,88	0,44
19	943,55	0,19	0,08	0,5	0,25
21	1042,87	0,11	0,05	0,38	0,19

Fasa S - N

Ke	Freg	V mag	% Vrms	I mag	% I rms
1	49,81	223,89	99,95	162,75	99,79
3	149,44	1,19	0,53	9	5,52
5	249,07	4,11	1,83	2,81	1,72
7	348,7	1,75	0,78	1	0,61
9	448,33	0,61	0,27	1,63	1
11	547,96	0,45	0,2	1,31	0,8
13	647,58	1	0,45	2	1,23
15	747,21	0,28	0,13	0,75	0,46
17	846,84	0,34	0,15	0,81	0,5
19	946,47	0,23	0,1	0,69	0,42
21	1046,1	0,09	0,04	0,25	0,15

Fasa T - N

Ke	Freg	V mag	% Vrms	I mag	% I rms
1	49,66	222,66	99,99	171,81	99,95
3	148,98	0,55	0,25	3,69	2,15
5	248,3	3,33	1,49	2,25	1,31
7	347,62	1,55	0,69	1,56	0,91
9	446,94	0,53	0,24	1,5	0,87
11	546,27	0,41	0,18	1,13	0,65
13	645,59	0,95	0,43	0,94	0,55
15	744,91	0,08	0,04	0,13	0,07
17	844,23	0,27	0,12	0,68	0,4
19	943,55	0,27	0,12	0,56	0,33
21	1042,87	0,13	0,06	0,56	0,33

Tabel 4. 35 Spektrum Harmonisa Orde Ganjil Tegangan dan Arus Pada Panel CDC-1 Fasa R - S

Ke	Freq	V mag	% Vrms	I mag	% Irms
1	49,81	384,66	99,94	56,5	99,33
3	149,44	0,63	0,16	5,44	9,56
5	249,07	9,78	2,54	2,46	4,33
7	348,7	5,16	1,34	1,31	2,3
9	448,33	0,47	0,12	0,63	1,11
11	547,96	1,41	0,37	0,83	1,46
13	647,58	1,84	0,48	0,48	0,85
15	747,21	0,25	0,06	0,21	0,36
17	846,84	0,31	0,08	0,14	0,25
19	946,47	0,25	0,06	0,13	0,22
21	1046,1	0,06	0,02	0,16	0,27

Fasa R - T

Ke	Freq	V mag	% Vrms	I mag	% Irms
1	49,81	384,47	99,97	68,37	99,87
3	149,44	0,75	0,2	3,05	4,46
5	249,07	9,44	2,45	0,73	1,07
7	348,7	4,78	1,24	1,16	1,69
9	448,33	0,34	0,09	0,49	0,71
11	546,27	547,96	0,31	0,24	0,36
13	647,58	1,94	0,5	1,08	1,58
15	747,21	0,22	0,06	0,09	0,14
17	848,84	0,28	0,07	0,08	0,13
19	946,47	0,16	0,04	0,18	0,26
21	1046,1	0,16	0,04	0,08	0,12

Fasa S - T

Ke	Freq	V mag	% Vrms	I mag	% Irms
1	49,81	384,5	99,94	30,56	99,46
3	149,43	0,88	0,23	1,99	6,49
5	249,07	8,81	2,29	0,94	3,07
7	348,7	5,38	1,4	0,93	3,01
9	448,33	0,78	0,2	0,56	1,83
11	547,96	0,63	0,16	0,41	1,34
13	647,58	2,25	0,58	0,86	2,79
15	747,21	0,13	0,03	0,21	0,69
17	846,84	0,31	0,08	0,16	0,51
19	946,47	0,41	0,11	0,18	0,59
21	1046,1	0,09	0,02	0,1	0,33

Fasa R - N

Ke	Freg	V mag	% Vrms	I mag	% I rms
1	49,81	220,23	99,33	13,24	72,33
3	149,44	1,89	0,86	11,92	65,09
5	249,07	5,36	2,43	3,09	3,09
7	348,7	2,81	1,28	0,68	3,72
9	448,33	0,66	0,3	1,87	10,21
11	547,96	0,7	0,32	1,04	5,7
13	647,58	1,11	0,5	0,37	2,01
15	747,21	0,2	0,09	0,37	2,01
17	846,84	0,2	0,09	0,34	1,88
19	946,47	0,19	0,09	0,07	0,38
21	1046,1	0,06	0,03	0,24	1,3

FasaS - N

Ke	Freg	V mag	% Vrms	I mag	% I rms
1	49,81	221,05	99,92	16,28	78,79
3	149,44	1,89	0,85	12,1	58,55
5	249,07	5,33	2,41	3,01	14,55
7	348,7	3,25	1,47	0,59	2,84
9	448,33	1,16	0,52	2,01	9,71
11	547,96	0,53	0,24	0,98	4,72
13	647,58	1,13	0,51	0,32	1,54
15	747,21	0,09	0,04	0,23	1,12
17	846,84	0,14	0,06	0,4	1,94
19	946,47	0,14	0,06	0,07	0,33
21	1046,1	0,06	0,03	0,24	1,18

Fasa T - N

Ke	Freg	V mag	% Vrms	I mag	% I rms
1	49,66	219,97	99,96	15,19	76,21
3	148,98	1,89	0,86	11,98	60,09
5	248,3	4,94	2,24	2,8	14,05
7	347,62	2,63	1,19	0,48	2,41
9	446,94	0,77	0,35	2,04	10,22
11	546,27	0,55	0,25	0,96	4,83
13	645,59	1,28	0,58	0,33	1,63
15	744,91	0,27	0,12	0,43	2,13
17	844,23	0,31	0,14	0,28	1,41
19	943,55	0,28	0,13	0,09	0,44
21	1042,87	0,08	0,04	0,28	1,38

Tabel 4. 36 Spektrum Harmonisa Orde Ganjil Tegangan dan Arus Pada Panel CDC2 Fasa R - S

Ke	Freg	V mag	% Vrms	I mag	% I rms
1	49,81	392,28	99,98	8,28	98,33
3	149,44	0,28	0,07	1,19	14,1
5	249,07	7,63	1,94	0,58	6,88
7	348,7	3,84	0,98	0,41	4,88
9	448,3	0,47	0,12	0,12	1,42
11	547,96	0,47	0,12	0,13	1,57
13	647,58	0,94	0,24	0,16	1,94
15	747,21	0,22	0,06	0,11	1,37
17	846,84	0,25	0,06	0,02	0,27
19	946,47	0,16	0,04	0,04	0,53
21	1046,1	0,16	0,04	0,07	0,81

Fasa R-T

Ke	Freg	V mag	% Vrms	I mag	% I rms
1	49,97	390,03	99,96	8,32	98,42
3	149,90	0,44	0,11	1,15	13,65
5	249,84	7,03	1,8	0,56	6,6
7	349,78	3,63	0,93	0,4	4,71
9	449,71	0,13	0,03	0,11	1,32
11	549,65	0,53	0,14	0,14	1,69
13	649,58	1,25	0,32	0,17	2,02
15	749,52	0,09	0,02	0,12	1,37
17	849,46	0,16	0,04	0,02	0,27
19	949,39	0,31	0,08	0,05	0,59
21	1049,33	0,06	0,02	0,07	0,83

Fasa S-T

Ke	Freg	V mag	% Vrms	I mag	% I rms
1	49,97	393,34	99,98	9,02	98,82
3	149,91	0,63	0,16	0,9	9,82
5	249,84	7,44	1,89	0,73	8,01
7	349,78	3,38	0,86	0,45	4,88
9	449,71	0,59	0,15	0,12	1,27
11	549,65	0,09	0,02	0,09	1
13	649,58	1,63	0,41	0,21	2,29
15	749,52	0,16	0,04	0,17	1,89
17	849,46	0,16	0,04	0,1	1,13
19	949,39	0,34	0,09	0,12	1,29
21	1049,33	0,03	0,01	0,08	0,86

Fasa R-N

Ke	Freg	V mag	% Vrms	I mag	% I rms
1	0	0	0	0	0
3	148,98	0,55	0,25	5,56	2,82
5	248,3	3,52	1,58	1,31	0,66
7	347,62	1,5	0,68	1,75	0,89
9	446,98	0,52	0,23	1,56	0,79
11	546,27	0,34	0,15	1,25	0,63
13	645,59	0,76	0,35	1,13	0,57
15	744,91	0,28	0,13	0,88	0,44
17	844,23	0,27	0,12	0,88	0,44
19	943,55	0,19	0,08	0,5	0,25
21	1042,87	0,11	0,05	0,38	0,19

Fasa S-N

Ke	Freg	V mag	% Vrms	I mag	% I rms
1	0	0	0	0	0
3	149,44	1,19	0,53	9	5,52
5	249,07	4,11	1,83	2,81	1,72
7	348,7	1,75	0,78	1	0,61
9	448,33	0,61	0,27	1,63	1
11	547,96	0,45	0,2	1,31	0,8
13	647,58	1	0,45	2	1,23
15	747,21	0,28	0,13	0,75	0,46
17	846,84	0,34	0,15	0,81	0,5
19	946,47	0,23	0,1	0,69	0,42
21	1046,1	0,09	0,04	0,25	0,15

Fasa T-N

Ke	Freg	V mag	% Vrms	I mag	% I rms
1	0	0	0	0	0
3	148,98	0,55	0,25	3,69	2,15
5	248,3	3,33	1,49	2,25	1,31
7	347,62	1,55	0,69	1,56	0,91
9	446,94	0,53	0,24	1,5	0,87
11	546,27	0,41	0,18	1,13	0,65
13	645,59	0,95	0,43	0,94	0,55
15	744,91	0,08	0,04	0,13	0,07
17	844,23	0,27	0,12	0,69	0,4
19	943,55	0,27	0,12	0,56	0,33
21	0	0	0	0	0

Tabel 4. 37 Spektrum Harmonisa Orde Ganjil Tegangan dan Arus Panel LP-E Fasa R-S

Ke	Freq	V mag	% Vrms	I mag	% I rms
1	49,81	376,13	99,97	12,01	99,27
3	149,44	0,09	0,02	0,96	7,91
5	249,07	7,59	2,02	0,81	6,67
7	348,7	4,59	1,22	0,24	1,96
9	448,33	0,06	0,02	0,13	1,03
11	547,96	0,44	0,12	0,17	1,4
13	647,58	1,69	0,45	0,13	1,03
15	747,21	0,22	0,06	0,17	1,4
17	846,84	0,38	0,1	0,06	0,52
19	946,47	0,25	0,07	0,04	0,31
21	1046,1	0,06	0,02	0,11	0,88

Fasa R-T

Ke	Freq	V mag	% Vrms	I mag	% I rms
1	49,81	374,75	99,94	12,04	99,24
3	149,44	0,47	0,13	0,96	7,88
5	249,07	6,91	1,84	0,78	6,44
7	348,7	4,16	1,11	0,22	1,8
9	448,33	0,22	0,06	0,16	1,29
11	547,96	0,19	0,05	0,14	1,18
13	647,58	1,25	0,33	0,11	0,88
15	747,21	0,19	0,05	0,14	1,18
17	846,84	0,44	0,12	0,08	0,62
19	946,47	0,25	0,07	0,02	0,15
21	1046,1	0,03	0,01	0,08	0,67

Fasa S-T

Ke	Freq	V mag	% Vrms	I mag	% I rms
1	49,81	374,19	99,97	29,94	99,76
3	149,44	0,66	0,18	1,53	5,1
5	249,07	6,88	1,84	0,39	1,29
7	348,7	3,81	1,02	0,49	1,62
9	448,33	0,5	0,13	0,12	0,4
11	547,96	0,34	0,09	0,17	0,58
13	647,58	2,19	0,58	0,4	1,33
15	747,21	0,22	0,06	0,23	0,77
17	846,84	0,34	0,09	0,24	0,81
19	946,47	0,41	0,11	0,12	0,4
21	1046,1	0,13	0,03	0,09	0,29

Fasa R-N

Ke	Freg	V mag	% Vrms	I mag	% I rms
1	49,81	216,48	99,99	11,34	93,67
3	149,44	1	0,46	3,65	30,16
5	249,07	4,19	1,93	0,63	5,16
7	348,7	2,48	1,15	0,23	1,91
9	448,33	0,53	0,25	0,39	3,2
11	547,96	0,25	0,12	0,19	1,6
13	647,58	0,86	0,4	0,23	1,86
15	747,21	0,25	0,12	0,4	3,3
17	846,84	0,16	0,07	0,16	1,29
19	946,47	0,17	0,08	0,07	0,57
21	1046,1	0,11	0,05	0,2	1,65

Fasa S - N

Ke	Freg	V mag	% Vrms	I mag	% I rms
1	49,81	226,77	99,96	11,46	95,14
3	149,44	0,83	0,38	3,48	28,91
5	249,07	4,5	2,08	0,68	5,66
7	348,7	2,55	1,17	0,26	2,13
9	448,33	0,7	0,32	0,46	3,79
11	547,96	0,08	0,04	0,17	1,45
13	647,58	1,14	0,53	0,21	1,78
15	747,21	0,25	0,12	0,43	3,53
17	846,84	0,31	0,14	0,17	1,45
19	946,47	0,22	0,1	0,09	0,73
21	1046,1	0,09	0,04	0,25	2,08

Fasa T - N

Ke	Freg	V mag	% Vrms	I mag	% I rms
1	49,81	214,39	99,98	11,35	94,49
3	149,44	1,14	0,53	3,56	29,59
5	249,07	3,56	1,66	0,67	5,56
7	348,7	2,06	0,96	0,27	2,23
9	448,33	0,56	0,26	0,47	3,89
11	547,96	0,23	0,11	0,19	0,61
13	647,58	1,05	0,49	0,25	2,08
15	747,21	0,33	0,15	0,42	3,48
17	846,84	0,25	0,12	0,16	1,3
19	946,47	0,23	0,11	0,11	0,88
21	1046,1	0,13	0,06	0,23	1,92

Tabel 4. 38 Spektrum Harmonisa Orde Ganjil Tegangan dan Arus Panel PP-WT

Fasa R-S

Ke	Freg	V mag	% Vrms	I mag	% I rms
1	49,81	390,84	100,01	3,2	99,88
3	149,44	0,41	0,1	0,01	0,43
5	249,07	6,97	1,78	0,15	4,66
7	348,7	2,78	0,71	0,01	0,47
9	448,33	0,34	0,09	0	0,16
11	547,96	0,38	0,1	0,01	0,41
13	647,58	1,16	0,3	0,01	0,33
15	747,21	0,22	0,06	0	0,16
17	846,84	0,5	0,13	0	0,1
19	946,47	0,25	0,06	0	0,1
21	1046,1	0,22	0,06	0	0,14

Fasa R-T

Ke	Freg	V mag	% Vrms	I mag	% I rms
1	49,81	388,28	99,96	3,06	99,8
3	149,44	0,53	0,14	0,11	3,73
5	249,07	6,56	1,69	0,13	4,09
7	348,7	2,69	0,69	0,03	0,9
9	448,33	0,28	0,07	0,02	0,57
11	547,96	0,22	0,06	0,01	0,43
13	647,58	1,5	0,39	0,01	0,41
15	747,21	0,25	0,06	0,01	0,22
17	846,84	0,34	0,09	0	0,04
19	946,47	0,5	0,13	0	0,12
21	1046,1	0,19	0,05	0	0,1

Fasa S-T

Ke	Freg	V mag	% Vrms	I mag	% I rms
1	49,97	391,19	99,98	2,94	99,88
3	149,9	0,63	0,16	0,09	3,23
5	249,84	6,47	1,65	0,11	3,82
7	349,78	2,94	0,75	0,02	0,76
9	449,71	0,3	0,03	0,01	0,51
11	549,65	0,13	0,03	0	0,06
13	649,58	1,81	0,46	0,01	0,32
15	749,52	0,19	0,05	0	0,08
17	849,46	0,47	0,12	0	0,13
19	949,39	0,66	0,17	0	0,08
21	1049,33	0,13	0,03	0	0,04

Fasa R-N

Ke	Freg	V mag	% Vrms	I mag	% I rms
1	49,97	225,22	99,98	3,07	99,89
3	149,9	0,52	0,23	0,04	1,14
5	249,84	3,72	1,85	0,14	4,41
7	349,78	1,31	0,58	0,01	0,49
9	449,71	0,72	0,32	0,01	0,33
11	549,65	0,31	0,14	0,01	0,39
13	649,58	0,78	0,35	0	0,12
15	749,52	0,31	0,14	0	0,04
17	849,46	0,08	0,03	0	0,08
19	949,39	0,2	0,09	0	0,06
21	1049,33	0,27	0,12	0	0,08

Fasa S-N

Ke	Freg	V mag	% Vrms	I mag	% I rms
1	49,81	226,34	99,98	2,95	99,92
3	149,44	0,81	0,36	0,07	2,41
5	249,07	4,08	1,8	0,11	3,77
7	348,7	1,8	0,79	0,04	1,23
9	448,33	0,8	0,35	0	0,17
11	547,96	0,25	0,11	0,01	0,23
13	647,58	0,95	0,42	0,01	0,34
15	747,21	0,28	0,12	0	0,08
17	846,84	0,45	0,2	0	0,13
19	946,47	0,27	0,12	0	0,06
21	1046,1	0,08	0,03	0	0,08

Fasa T-N

Ke	Freg	V mag	% Vrms	I mag	% I rms
1	49,97	224,63	99,98	2,99	99,86
3	149,9	1,02	0,45	0,09	3,15
5	249,84	3,77	1,68	0,12	3,88
7	349,78	1,56	0,7	0,02	0,79
9	449,71	0,67	0,3	0,01	0,46
11	549,65	0,17	0,08	0,01	0,35
13	649,58	0,81	0,36	0,01	0,29
15	749,52	0,44	0,19	0	0,06
17	849,46	0,17	0,08	0,01	0,19
19	949,39	0,36	0,16	0	0,06
21	1049,33	0,13	0,06	0	0,1

Tabel 4. 39 Spektrum Harmonisa Orde Ganjil Tegangan dan Arus Panel LP-A Fasa R-S

Ke	Freg	V mag	% Vrms	I mag	% I rms
1	49,97	389,72	99,97	9,86	97,76
3	149,9	0,34	0,09	1,82	18,01
5	249,84	7,03	1,8	0,77	7,65
7	349,78	2,56	0,66	0,58	5,75
9	449,71	0,25	0,06	0,13	1,31
11	549,65	0,53	0,14	0,23	2,33
13	649,58	1,13	0,29	0,2	2,02
15	749,52	0,41	0,1	0,11	1,11
17	849,46	0,56	0,14	0,04	0,37
19	949,39	0,41	0,1	0,04	0,4
21	1049,33	0,22	0,06	0,06	0,58

Fasa R-T

Ke	Freg	V mag	% Vrms	I mag	% I rms
1	49,97	389,06	99,95	14,99	99,42
3	149,9	0,34	0,09	0,9	5,97
5	249,84	6,34	1,63	0,56	3,73
7	349,78	2,81	0,72	0,23	1,53
9	449,71	0,22	0,06	0,06	0,37
11	549,65	0,22	0,06	0,12	0,79
13	649,58	1,78	0,46	0,09	0,58
15	749,52	0,09	0,02	0,06	0,37
17	849,46	0,41	0,1	0,09	0,58
19	949,39	0,66	0,17	0,08	0,5
21	1049,33	0,19	0,05	0,01	0,08

Fasa S-T

Ke	Freg	V mag	% Vrms	I mag	% I rms
1	49,97	389,19	99,96	14,4	99,45
3	149,9	0,53	0,14	0,96	6,65
5	249,84	6,69	1,72	0,23	1,55
7	349,78	2,69	0,69	0,31	2,16
9	449,71	0,06	0,02	0,2	1,38
11	549,65	0,34	0,09	0,2	1,38
13	649,58	1,69	0,43	0,28	1,9
15	749,52	0,16	0,04	0,16	1,12
17	849,46	0,31	0,08	0,03	0,22
19	949,39	0,63	0,16	0,2	1,38
21	1049,33	0,22	0,06	0,05	0,35

Tabel 4. 40 Spektrum Harmonisa Orde Garjil Tegangan dan Arus Panel LP-C Fasa R-S

Ke	Freq	V mag	% Vrms	I mag	% I rms
1	49,81	390	99,95	35,79	99,5
3	149,44	0,28	0,07	1,71	4,74
5	249,07	7,22	1,85	1,68	4,67
7	348,7	2,97	0,76	1,26	3,49
9	448,33	0,19	0,05	1,23	3,41
11	547,96	0,31	0,08	0,39	1,08
13	647,58	1,16	0,3	0,78	2,15
15	747,21	0,31	0,08	0,58	1,62
17	846,84	0,41	0,1	0,17	0,49
19	946,47	0,34	0,09	0,34	0,94
21	1046,1	0,09	0,02	0,28	0,78

Fasa R-T

Ke	Freq	V mag	% Vrms	I mag	% I rms
1	49,66	390,09	99,98	15,87	98,88
3	148,98	0,59	0,15	1,21	7,52
5	248,3	7,25	1,86	1,26	7,87
7	347,62	3,25	0,83	0,88	5,45
9	446,94	0,13	0,03	0,92	5,72
11	546,27	0,22	0,06	0,29	1,83
13	645,59	1,78	0,46	0,85	4,05
15	744,91	0,16	0,04	0,22	1,36
17	844,23	0,34	0,09	0,34	2,14
19	943,55	0,5	0,13	0,24	1,52
21	1042,87	0,09	0,02	0,23	1,4

Fasa S-T

Ke	Freq	V mag	% Vrms	I mag	% I rms
1	49,81	388,03	99,97	19,77	99,48
3	149,44	0,31	0,08	0,98	4,91
5	249,07	6,91	1,78	0,99	5
7	348,7	2,88	0,74	0,54	2,7
9	448,33	0,31	0,08	0,71	3,59
11	547,96	0,56	0,14	0,45	2,26
13	647,58	1,81	0,47	0,63	3,18
15	747,21	0,44	0,11	0,36	1,82
17	846,84	0,38	0,1	0,16	0,79
19	946,47	0,47	0,12	0,36	1,82
21	1046,1	0,16	0,04	0,12	0,6

Fasa R-N

Ke	Freg	V mag	% Vrms	l mag	% l rms
1	49,81	223,3	99,95	38,6	99,5
3	149,44	0,86	0,38	1,83	4,72
5	249,07	4,14	1,85	1,51	3,88
7	348,7	1,5	0,67	1,14	2,95
9	448,33	1,08	0,48	1,16	3
11	547,96	0,23	0,1	0,41	1,06
13	647,58	1,03	0,46	0,79	2,05
15	747,21	0,48	0,22	0,73	1,87
17	846,84	0,25	0,11	0,31	0,79
19	946,47	0,23	0,1	0,31	0,81
21	1046,1	0,11	0,05	0,21	0,55

Fasa S-N

Ke	Freg	V mag	% Vrms	l mag	% l rms
1	49,81	225,63	99,94	16,16	98,84
3	149,44	1,03	0,46	1,17	7,15
5	249,07	4,25	1,88	1,22	7,45
7	348,7	2,03	0,9	0,91	5,54
9	448,33	1,31	0,58	1	6,12
11	547,96	0,19	0,08	0,25	1,53
13	647,58	0,97	0,43	0,7	4,28
15	747,21	0,25	0,11	0,19	1,18
17	846,84	0,28	0,12	0,29	1,76
19	946,47	0,22	0,1	0,22	1,34
21	1046,1	0,11	0,05	0,23	1,38

Fasa T-N

Ke	Freg	V mag	% Vrms	l mag	% l rms
1	49,81	226,11	99,95	19,57	99,22
3	149,44	0,86	0,38	1,19	6,02
5	249,07	4,02	1,78	1,28	6,5
7	348,7	1,59	0,7	0,68	3,45
9	448,33	1,2	0,53	0,69	3,49
11	547,96	0,31	0,14	0,33	1,68
13	647,58	1,06	0,47	0,66	3,33
15	747,21	0,31	0,14	0,26	1,33
17	846,84	0,23	0,1	0,24	1,24
19	946,47	0,25	0,11	0,31	1,58
21	1046,1	0,11	0,05	0,13	0,67

Tabel 4. 41 Spektrum Harmonisa Orde Ganjil Tegangan dan Arus Panel PP-GA Fasa R-S

Ke	Freg	V mag	% Vrms	I mag	% I rms
1	49,81	393,5	99,95	2,31	99,72
3	149,44	0,72	0,18	0,08	3,35
5	249,07	8	2,03	0,12	5,27
7	348,7	4,34	1,1	0,01	0,54
9	448,33	0,47	0,12	0	0,22
11	547,96	0,19	0,05	0	0,22
13	647,58	1,31	0,33	0,01	0,41
15	747,21	0,19	0,05	0	0,14
17	846,84	0,34	0,09	0	0,14
19	946,47	0,25	0,06	0	0,03
21	1046,1	0,09	0,02	0	0,08

Fasa R-T

Ke	Freg	V mag	% Vrms	I mag	% I rms
1	49,81	393,84	99,95	2,35	99,69
3	149,44	0,94	0,24	0,08	3,29
5	249,07	7,66	1,94	0,13	5,31
7	348,7	4,84	1,23	0,01	0,58
9	448,33	0,41	0,1	0,01	0,32
11	547,96	0,28	0,07	0	0,16
13	647,58	2	0,51	0,01	0,45
15	747,21	0,06	0,02	0	0,05
17	846,84	0,28	0,07	0	0,21
19	946,47	0,34	0,09	0	0,13
21	1046,1	0,03	0,01	0	0,11

Fasa S-T

Ke	Freg	V mag	% Vrms	I mag	% I rms
1	49,81	393,81	99,95	1,88	98,92
3	149,44	0,94	0,24	0,25	13,01
5	249,07	7,47	1,9	0,09	4,61
7	348,7	4,78	1,21	0,01	0,49
9	448,33	0,31	0,08	0,01	0,53
11	547,96	0,28	0,07	0	0,2
13	647,58	2,03	0,52	0	0,23
15	747,21	0,16	0,04	0,01	0,33
17	846,84	0,28	0,07	0	0,16
19	946,47	0,34	0,09	0	0,16
21	1046,1	0,09	0,02	0	0,1

Fasa R-N

Ke	Freg	V mag	% Vrms	I mag	% I rms
1	49,66	226,31	99,99	0,07	62,4
3	148,98	0,98	0,43	0,06	56,04
5	248,3	4,13	1,82	0,03	24,84
7	347,62	2,38	1,05	0,01	6,36
9	446,94	0,61	0,27	0,01	12,71
11	546,27	0,33	0,14	0	4,62
13	645,59	0,66	0,38	0	2,89
15	744,91	0,22	0,1	0	4,04
17	844,23	0,17	0,08	0,01	5,78
19	943,55	0,17	0,08	0	4,04
21	1042,87	0,11	0,05	0	3,47

Fasa S-N

Ke	Freg	V mag	% Vrms	I mag	% I rms
1	49,66	227,92	100	0,08	64,9
3	148,98	1,61	0,71	0,07	59,45
5	248,3	4,69	2,06	0,02	16,84
7	347,62	2,92	1,28	0,02	16,84
9	446,94	0,63	0,27	0	1,98
11	546,27	0,23	0,1	0,01	6,44
13	645,59	0,97	0,43	0	2,97
15	744,91	0,16	0,07	0,01	5,45
17	844,23	0,17	0,08	0	0,99
19	943,55	0,16	0,07	0,01	4,46
21	1042,87	0,03	0,01	0	0,5

Fasa T-N

Ke	Freg	V mag	% Vrms	I mag	% I rms
1	49,81	226,56	99,94	0,1	76,13
3	149,44	1,22	0,54	0,06	47,65
5	249,07	4,27	1,88	0,02	12,77
7	348,7	2,34	1,03	0,01	7,37
9	448,33	0,58	0,26	0,01	6,39
11	547,96	0,11	0,05	0	2,95
13	647,58	1,2	0,53	0,01	6,39
15	747,21	0,03	0,01	0	2,46
17	846,84	0,17	0,08	0	1,96
19	946,47	0,19	0,08	0	3,44
21	1046,1	0,03	0,01	0	0,98

Tabel 4. 42 Spektrum Harmonisa Orde Ganjil Tegangan dan Arus Pada Panel:PP-IB Fasa R-S

Ke	Freq	V mag	% Vrms	I mag	% I rms
1	49,97	393,94	99,96	2,13	62,51
3	149,9	0,66	0,17	1,88	55,07
5	249,84	7,78	1,97	1,47	43,19
7	349,78	2,47	0,63	0,98	28,77
9	449,71	0,28	0,07	0,55	16,07
11	549,65	1,03	0,26	0,23	6,65
13	649,58	1,5	0,38	0,08	2,64
15	749,52	0,56	0,14	0,13	3,67
17	849,46	0,47	0,12	0,11	3,17
19	949,39	0,47	0,12	0,07	2,18
21	1049,33	0,34	0,09	0,07	1,98

Fasa R-T

Ke	Freq	V mag	% Vrms	I mag	% I rms
1	49,81	391,97	99,99	2,05	63,76
3	149,44	0,44	0,11	1,86	57,81
5	249,07	6,94	1,77	1,32	41,03
7	348,7	2,5	0,64	0,81	25,14
9	448,33	0,25	0,06	0,43	13,36
11	547,96	0,91	0,23	0,17	5,23
13	647,58	1,28	0,33	0,12	3,69
15	747,21	0,25	0,06	0,12	3,66
17	846,84	0,44	0,11	0,09	2,96
19	946,47	0,63	0,16	0,09	2,7
21	1046,1	0,19	0,05	0,09	2,8

Fasa S-T

Ke	Freq	V mag	% Vrms	I mag	% I rms
1	49,97	392,16	99,96	2,11	64,05
3	149,9	0,31	0,08	1,9	57,72
5	249,84	6,94	1,77	1,34	40,86
7	349,78	3,03	0,77	0,82	24,81
9	449,71	0,28	0,07	0,43	12,95
11	549,65	0,84	0,22	0,16	4,9
13	649,58	1,97	0,5	0,12	3,74
15	749,52	0,16	0,04	0,13	3,95
17	849,46	0,56	0,14	0,1	2,96
19	949,39	0,66	0,17	0,08	2,56
21	1049,33	0,25	0,06	0,09	2,66

Fasa R-N

Ke	Freq	V mag	% Vrms	I mag	% I rms
1	49,97	227,66	99,96	2,13	62,47
3	149,9	1,23	0,54	1,88	55,3
5	249,84	4,02	1,76	1,47	43,14
7	349,78	1,45	0,64	0,97	28,61
9	449,71	1,38	0,6	0,54	15,9
11	549,65	0,48	0,21	0,22	6,4
13	649,58	0,73	0,32	0,09	2,57
15	749,52	0,55	0,24	0,13	3,72
17	849,46	0,22	0,1	0,11	3,21
19	949,39	0,39	0,17	0,07	2,13
21	1049,33	0,22	0,1	0,07	1,93

Fasa S-N

Ke	Freq	V mag	% Vrms	I mag	% I rms
1	49,97	228,14	99,96	3,02	73,12
3	149,9	1,39	0,61	2,16	52,13
5	249,84	4,53	1,99	1,48	35,86
7	349,78	2,16	0,94	0,85	20,51
9	449,71	1,61	0,71	0,48	11,56
11	549,65	0,7	0,31	0,26	6,27
13	649,58	1,38	0,6	0,14	3,31
15	749,52	0,81	0,36	0,1	2,49
17	849,46	0,25	0,11	0,06	1,39
19	949,39	0,34	0,15	0,11	2,63
21	1049,33	0,31	0,14	0,13	3,13

Fasa T-N

Ke	Freq	V mag	% Vrms	I mag	% I rms
1	49,97	224,73	99,98	2,1	64,11
3	149,9	1,7	0,76	1,89	57,77
5	249,84	3,52	1,56	1,34	40,88
7	349,78	1,42	0,63	0,81	24,72
9	449,71	1,38	0,61	0,42	12,93
11	549,65	0,67	0,3	0,16	4,87
13	649,58	0,63	0,28	0,13	3,9
15	749,52	0,7	0,31	0,13	3,92
17	849,46	0,34	0,15	0,1	2,94
19	949,39	0,36	0,16	0,08	2,56
21	1049,33	0,28	0,13	0,09	2,73

Fasa R-N

Ke	Freq	V mag	% Vrms	I mag	% I rms
1	49,66	226,31	99,99	0,07	62,4
3	148,98	0,98	0,43	0,06	56,04
5	248,3	4,13	1,82	0,03	24,84
7	347,62	2,38	1,05	0,01	6,36
9	446,94	0,61	0,27	0,01	12,71
11	546,27	0,33	0,14	0	4,62
13	645,59	0,86	0,38	0	2,89
15	744,91	0,22	0,1	0	4,04
17	844,23	0,17	0,08	0,04	5,78
19	943,55	0,17	0,08	0	4,04
21	1042,87	0,11	0,05	0	3,47

Fasa S-N

Ke	Freq	V mag	% Vrms	I mag	% I rms
1	49,66	227,92	100	0,08	64,9
3	148,98	1,61	0,71	0,07	59,45
5	248,3	4,69	2,06	0,02	16,84
7	347,62	2,92	1,28	0,02	16,84
9	446,94	0,63	0,27	0	1,98
11	546,27	0,23	0,1	0,01	6,44
13	645,59	0,97	0,43	0	2,97
15	744,91	0,16	0,07	0,01	5,45
17	844,23	0,17	0,08	0	0,99
19	943,55	0,16	0,07	0,01	4,46
21	1042,87	0,03	0,01	0	0,5

Fasa T-N

Ke	Freq	V mag	% Vrms	I mag	% I rms
1	49,81	226,56	99,94	0,1	76,13
3	149,44	1,22	0,54	0,06	47,65
5	249,07	4,27	1,88	0,02	12,77
7	348,7	2,34	1,03	0,01	7,37
9	448,33	0,58	0,26	0,01	6,39
11	547,96	0,11	0,05	0	2,95
13	647,58	1,2	0,53	0,01	6,39
15	747,21	0,03	0,01	0	2,46
17	846,84	0,17	0,08	0	1,96
19	946,47	0,19	0,08	0	3,44
21	1046,1	0,03	0,01	0	0,98

Fasa R-N

Ke	Freq	V mag	% Vrms	I mag	% I rms
1	49,66	226,31	99,99	0,07	62,4
3	148,98	0,98	0,43	0,06	56,04
5	248,3	4,13	1,82	0,03	24,84
7	347,62	2,38	1,05	0,01	6,36
9	446,94	0,61	0,27	0,01	12,71
11	546,27	0,33	0,14	0	4,62
13	645,59	0,66	0,38	0	2,89
15	744,91	0,22	0,1	0	4,04
17	844,23	0,17	0,08	0,01	5,78
19	943,55	0,17	0,08	0	4,04
21	1042,87	0,11	0,05	0	3,47

Fasa S-N

Ke	Freq	V mag	% Vrms	I mag	% I rms
1	49,66	227,92	100	0,08	64,9
3	148,98	1,61	0,71	0,07	59,45
5	248,3	4,69	2,06	0,02	16,84
7	347,62	2,92	1,28	0,02	16,84
9	446,94	0,63	0,27	0	1,98
11	546,27	0,23	0,1	0,01	6,44
13	645,59	0,97	0,43	0	2,97
15	744,91	0,16	0,07	0,01	5,45
17	844,23	0,17	0,08	0	3,99
19	943,55	0,16	0,07	0,01	4,46
21	1042,87	0,03	0,01	0	0,5

Fasa T-N

Ke	Freq	V mag	% Vrms	I mag	% I rms
1	49,81	226,56	99,94	0,1	76,13
3	149,44	1,22	0,54	0,06	47,65
5	249,07	4,27	1,88	0,02	12,77
7	348,7	2,34	1,03	0,01	7,37
9	448,33	0,58	0,26	0,01	6,39
11	547,96	0,11	0,05	0	2,95
13	647,58	1,2	0,53	0,01	6,39
15	747,21	0,03	0,01	0	2,46
17	846,84	0,17	0,08	0	1,96
19	946,47	0,19	0,08	0	3,44
21	1046,1	0,03	0,01	0	0,98

Lampiran 25

Tabel 4. 44 Spektrum Harmonisa Orde Ganjil Tegangan dan Arus Pada Panel PP-HA Fasa R-S

Ke	Freq	V mag	% Vrms	I mag	% I rms
1	49,81	388,81	99,99	13,08	99,9
3	149,44	0,22	0,06	0,09	0,71
5	249,07	6,91	1,78	0,41	3,16
7	348,7	3,66	0,94	0,18	1,34
9	448,33	0,34	0,09	0,02	0,12
11	547,96	0,16	0,04	0,01	0,11
13	647,58	1,38	0,35	0,04	0,29
15	747,21	0,22	0,06	0	0,03
17	846,84	0,22	0,06	0	0,03
19	946,47	0,22	0,06	0	0,02
21	1046,1	0,03	0,01	0	0,01

Fasa R-T

Ke	Freq	V mag	% Vrms	I mag	% I rms
1	49,97	386,22	99,98	19,53	99,88
3	149,9	0,75	0,19	0,32	1,63
5	249,84	6,38	1,65	0,81	4,12
7	349,78	3,34	0,87	0,34	1,76
9	449,71	0,16	0,04	0,08	0,38
11	549,65	0,13	0,03	0,07	0,35
13	649,58	1,28	0,33	0,06	0,32
15	749,52	0,13	0,03	0,04	0,19
17	849,46	0,25	0,06	0,03	0,16
19	949,39	0,22	0,06	0,03	0,16
21	1049,33	0,03	0,01	0,03	0,16

Fasa S-T

Ke	Freq	V mag	% Vrms	I mag	% I rms
1	49,97	388,09	99,97	17,74	99,82
3	149,9	0,47	0,12	0,16	0,91
5	249,84	6,56	1,69	0,74	4,15
7	349,78	3,5	0,9	0,36	2,04
9	449,71	0,34	0,09	0,06	0,35
11	549,65	0,13	0,03	0,03	0,14
13	649,58	1,66	0,43	0,11	0,63
15	749,52	0,25	0,06	0,04	0,21
17	849,46	0,16	0,04	0,03	0,14
19	949,39	0,47	0,12	0,03	0,14
21	1049,33	0,09	0,02	0,03	0,18

Fasa R-N

Ke	Freq	V mag	% Vrms	I mag	% I rms
1	49,81	214,25	99,92	14,71	99,6
3	149,44	3,88	1,81	0,41	2,75
5	249,07	4,94	2,3	0,68	4,61
7	348,7	1	0,47	0,13	0,85
9	448,33	1,52	0,71	0,26	1,74
11	547,96	0,3	0,14	0,12	0,8
13	647,58	0,63	0,39	0,21	1,4
15	747,21	0,75	0,35	0,11	0,76
17	846,84	0,36	0,17	0,08	0,51
19	946,47	0,2	0,09	0,08	0,51
21	1046,1	0,2	0,09	0,02	0,13

Fasa S-N

Ke	Freq	V mag	% Vrms	I mag	% I rms
1	49,81	223,64	99,99	0,05	35,46
3	149,44	1,09	0,49	0,1	70,47
5	249,07	3,83	1,71	0,03	21,82
7	348,7	2,2	0,98	0,01	7,27
9	448,33	0,67	0,3	0,01	7,73
11	547,96	0,16	0,07	0,01	7,73
13	647,58	0,91	0,41	0,01	5
15	747,21	0,09	0,04	0,01	8,64
17	846,84	0,09	0,04	0	3,18
19	946,47	0,19	0,08	0	1,36
21	1046,1	0,05	0,02	0,01	4,55

Fasa T-N

Ke	Freq	V mag	% Vrms	I mag	% I rms
1	49,81	222,33	99,99	0,08	52,85
3	149,44	1,36	0,61	0,09	62,23
5	249,07	3,77	1,69	0,02	14,07
7	348,7	2,11	0,95	0,02	15,34
9	448,33	0,56	0,25	0,02	12,79
11	547,96	0,11	0,05	0,01	5,54
13	647,58	0,88	0,39	0,01	4,69
15	747,21	0,13	0,06	0	1,28
17	846,84	0,19	0,08	0	2,13
19	946,47	0,13	0,06	0,01	5,11
21	1046,1	0,03	0,01	0	2,56

Tabel 4. 45 Spektrum Harmonisa Orde Ganjil Tegangan dan Arus Pada Panel PP-CU2 Fasa R-S

Ke	Freq	V mag	% Vrms	I mag	% I rms
1	49,81	392,28	99,98	8,28	98,33
3	149,44	0,28	0,07	1,19	14,1
5	249,07	7,63	1,94	0,58	6,88
7	348,7	3,84	0,98	0,41	4,88
9	448,3	0,47	0,12	0,12	1,42
11	547,96	0,47	0,12	0,13	1,57
13	647,58	0,94	0,24	0,16	1,94
15	747,21	0,22	0,06	0,11	1,37
17	846,84	0,25	0,06	0,02	0,27
19	946,47	0,16	0,04	0,04	0,53
21	1046,1	0,16	0,04	0,07	0,81

Fasa R-T

Ke	Freq	V mag	% Vrms	I mag	% I rms
1	49,97	390,03	99,96	8,32	98,42
3	149,90	0,44	0,11	1,15	13,65
5	249,84	7,03	1,8	0,56	6,6
7	349,78	3,63	0,93	0,4	4,71
9	449,71	0,13	0,03	0,11	1,32
11	549,65	0,53	0,14	0,14	1,69
13	649,58	1,25	0,32	0,17	2,02
15	749,52	0,09	0,02	0,12	1,37
17	849,46	0,16	0,04	0,02	0,27
19	949,39	0,31	0,08	0,05	0,59
21	1049,33	0,06	0,02	0,07	0,83

Elek Fasa S-T

Ke	Freq	V mag	% Vrms	I mag	% I rms
1	49,97	393,34	99,98	9,02	98,82
3	149,91	0,63	0,16	0,9	9,82
5	249,84	7,44	1,89	0,73	8,01
7	349,78	3,38	0,86	0,45	4,88
9	449,71	0,59	0,15	0,12	1,27
11	549,65	0,09	0,02	0,09	1
13	649,58	1,63	0,41	0,21	2,29
15	749,52	0,16	0,04	0,17	1,89
17	849,46	0,16	0,04	0,1	1,13
19	949,39	0,34	0,09	0,12	1,29
21	1049,33	0,03	0,01	0,08	0,86

sa R-N

Ke	Freq.	V mag	% Vrms	I mag	% I rms
1	49,97	226,06	99,97	1,77	75,13
3	149,9	1,66	0,73	1,35	57,44
5	249,84	4,39	1,94	0,34	14,45
7	349,78	2,19	0,97	0,48	20,61
9	449,71	0,25	0,11	0,23	9,96
11	549,65	0,3	0,13	0,17	7,06
13	649,58	0,5	0,22	0,13	5,63
15	749,52	0,3	0,13	0,21	8,95
17	849,46	0,03	0,01	0,07	3
19	949,39	0,13	0,06	0,07	2,92
21	1049,33	0,17	0,08	0,09	3,9

Fasa S-N

Ke	Freq	V mag	% Vrms	I mag	% I rms
1	49,97	226,81	99,97	1,71	72,23
3	149,9	1,55	0,68	1,35	57,31
5	249,84	4,58	2,02	0,33	14,13
7	349,78	2,3	1,01	0,48	20,21
9	449,71	0,72	0,32	0,26	10,85
11	549,65	0,27	0,12	0,17	7,3
13	649,58	0,81	0,36	0,14	6,09
15	749,52	0,06	0,03	0,21	8,78
17	849,46	0,14	0,06	0,08	3,23
19	949,39	0,14	0,06	0,07	2,94
21	1049,33	0,06	0,03	0,09	3,62

Fasa T-N

Ke	Freq	V mag	% Vrms	I mag	% I rms
1	49,97	226,3	99,98	1,77	73,48
3	149,9	1,06	0,47	1,41	58,54
5	249,84	3,95	1,75	0,34	13,96
7	349,78	1,8	0,79	0,47	19,58
9	449,71	0,42	0,19	0,23	9,42
11	549,65	0,36	0,16	0,19	7,78
13	649,58	0,94	0,41	0,13	5,5
15	749,52	0,13	0,06	0,21	8,87
17	849,46	0,08	0,03	0,08	3,74
19	949,39	0,19	0,08	0,07	2,83
21	1049,33	0,08	0,03	0,1	3,97

Tabel 4. 46 Spektrum Harmonisa Orde Ganjil Tegangan dan Arus Pada Panel LP-A/JEA Fasa R-S

Ke	Freq	V mag	% Vrms	I mag	% I rms
1	49,97	388,28	99,95	18,68	98,42
3	149,9	0,66	0,17	2,69	14,19
5	249,84	7,03	1,81	0,83	4,38
7	349,78	3,53	0,91	0,47	2,47
9	449,71	0,38	0,1	0,35	1,84
11	549,65	0,38	0,1	0,54	2,83
13	649,58	1,56	0,4	0,31	1,65
15	749,52	0,25	0,06	0,14	0,72
17	849,46	0,16	0,04	0,1	0,53
19	949,39	0,22	0,06	0,12	0,63
21	1049,33	0,09	0,02	0,06	0,33

Fasa R-T

Ke	Freq	V mag	% Vrms	I mag	% I rms
1	49,81	385,06	99,97	22,45	99,05
3	149,44	0,44	0,11	2,71	11,97
5	249,07	6,69	1,74	0,76	3,36
7	348,7	3,47	0,9	0,39	1,74
9	448,33	0,16	0,04	0,34	1,49
11	547,96	0,22	0,06	0,53	2,32
13	647,58	1,41	0,37	0,29	1,27
15	747,21	0,13	0,03	0,09	0,41
17	846,84	0,16	0,04	0,09	0,41
19	946,47	0,28	0,07	0,1	0,44
21	1046,1	0,03	0,01	0,04	0,19

Fasa S-T

Ke	Freq	V mag	% Vrms	I mag	% I rms
1	49,81	387,75	100	15,16	99,1
3	149,44	0,44	0,11	1,14	7,48
5	249,07	6,81	1,76	0,46	2,98
7	348,7	3,28	0,85	0,21	1,39
9	448,33	0,56	0,15	0,16	1,06
11	547,96	0,38	0,1	0,06	0,37
13	647,58	1,81	0,47	0,23	1,47
15	747,21	0,13	0,03	0,06	0,37
17	846,84	0,22	0,06	0,04	0,28
19	946,47	0,53	0,14	0,16	1,02
21	1046,1	0,06	0,02	0,04	0,25

Fasa R-N

Ke	Freq:	V mag	% Vrms	I mag.	% I rms
1	49,97	223,59	99,97	9,74	91,99
3	449,9	4,95	-0,87	3,17	29,99
5	249,84	4,13	1,84	1,29	12,22
7	349,78	2,05	0,92	1,08	10,16
9	449,71	0,89	0,4	0,79	7,44
11	549,65	0,31	0,14	0,45	4,25
13	649,58	0,7	0,31	0,94	8,92
15	749,52	0,22	0,1	0,17	1,65
17	849,46	0,08	0,03	0,15	1,42
19	949,39	0,23	0,1	0,36	3,42
21	1049,33	0,11	0,05	0,14	1,3

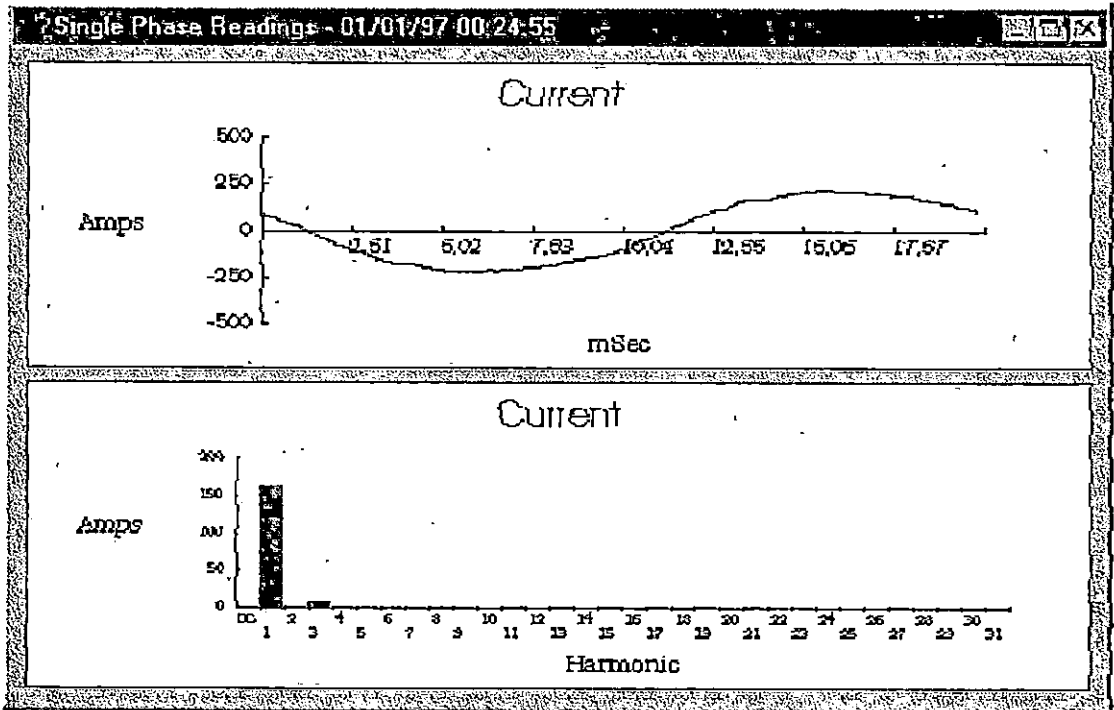
Fasa S-N

Ke	Freq	V mag	% Vrms	I mag	% I rms
1	49,81	221,78	99,97	9,56	91,6
3	149,44	1,86	0,84	3,09	29,65
5	249,07	3,88	1,75	1,19	11,4
7	348,7	1,83	0,82	0,99	9,53
9	448,33	0,69	0,31	0,99	9,46
11	547,96	0,22	0,1	0,64	6,15
13	647,58	0,88	0,39	0,98	9,39
15	747,21	0,17	0,08	0,24	2,26
17	846,84	0,22	0,1	0,22	2,1
19	946,47	0,14	0,06	0,33	3,19
21	1046,1	0,06	0,03	0,19	1,86

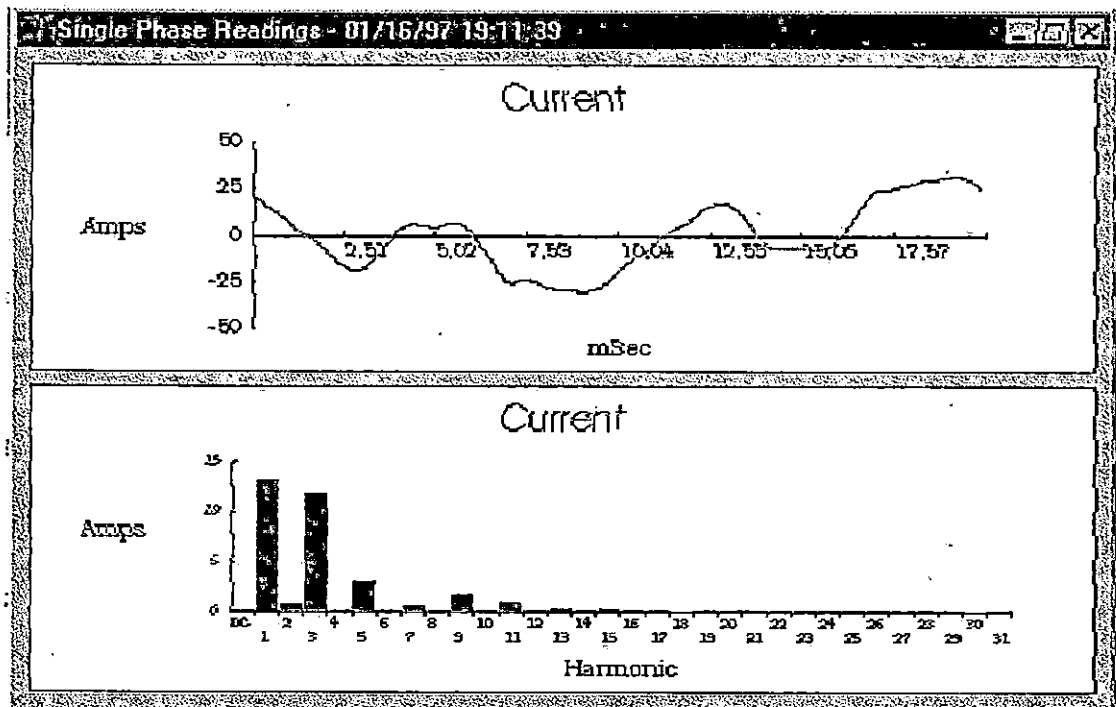
Fasa T-N

Ke	Freq	V mag	% Vrms	I mag.	% I rms
1	49,81	226,56	99,94	0,1	76,13
3	149,44	1,22	0,54	0,06	47,65
5	249,07	4,27	1,88	0,02	12,77
7	348,7	2,34	1,03	0,01	7,37
9	448,33	0,58	0,26	0,01	6,39
11	547,96	0,11	0,05	0	2,95
13	647,58	1,2	0,53	0,01	6,39
15	747,21	0,03	0,01	0	2,46
17	846,84	0,17	0,08	0	1,98
19	946,47	0,19	0,08	0	3,44
21	1046,1	0,03	0,01	0	0,98

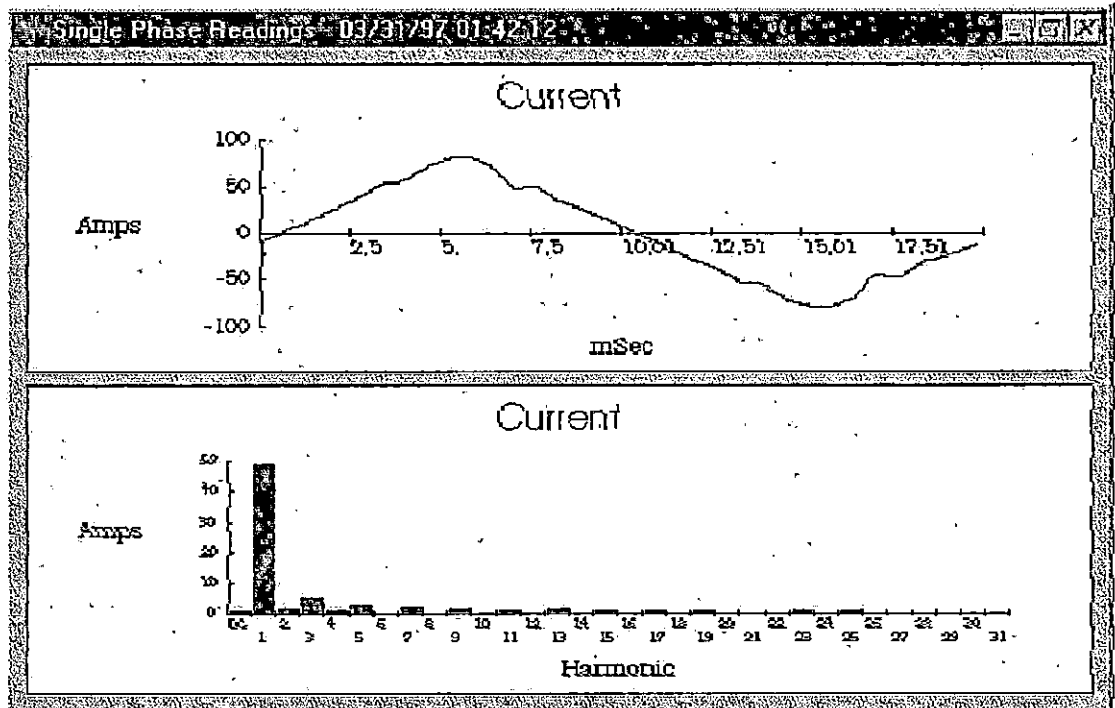
Grafik. 4.1 - Harmonisa Arus Panel LVMDP



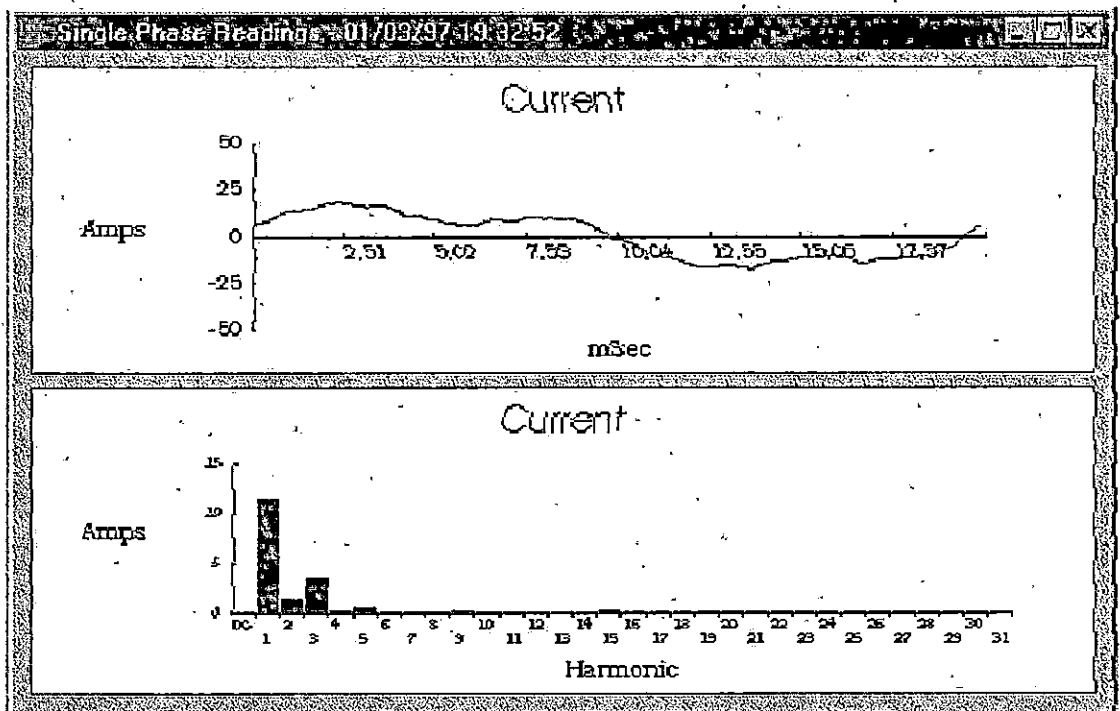
Grafik. 4.2 - Harmonisa Arus Panel CDC1



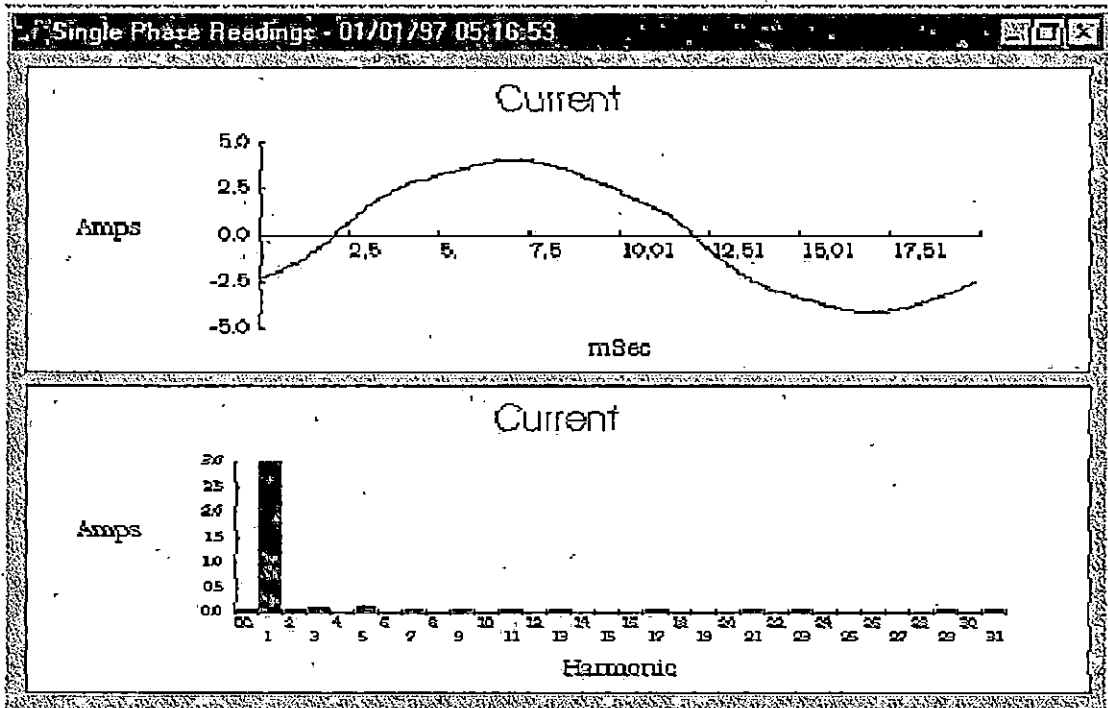
Grafik 4.3 . - Harmonisa Arus Panel CDC2



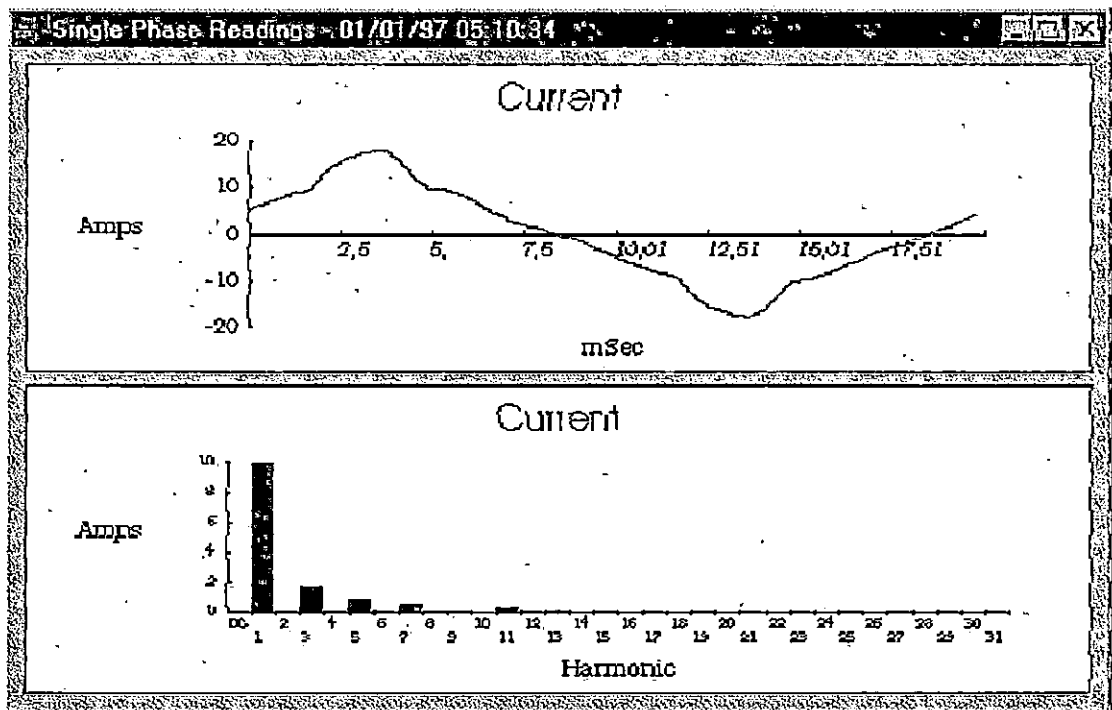
Grafik 4.4 . - Harmonisa Arus Panel Bangunan LP-E



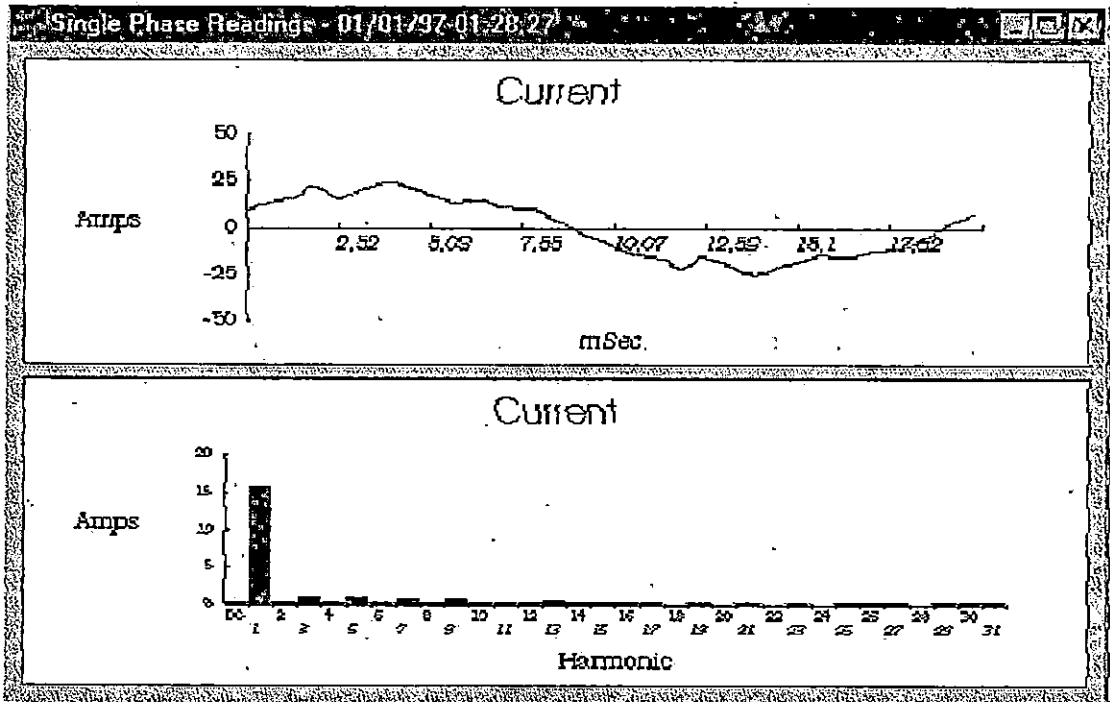
Grafik 4. 5 . - Harmonisa Arus Panel PP-WT



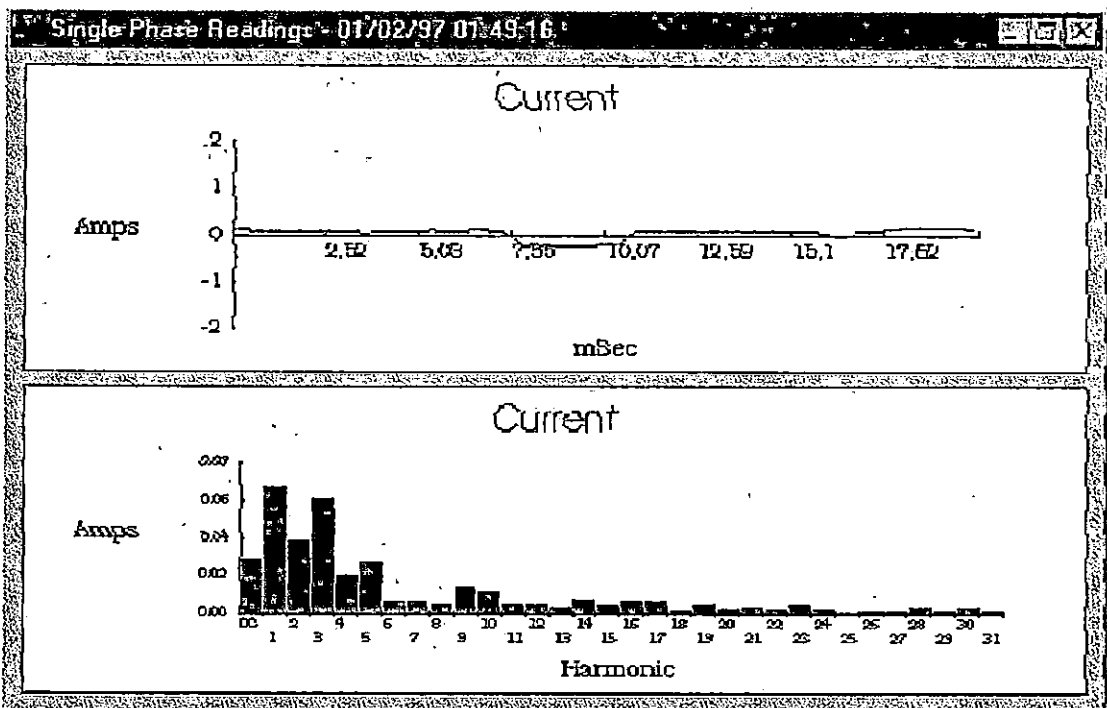
Grafik. 4. 6 . - Harmonisa Arus Panel LP-A



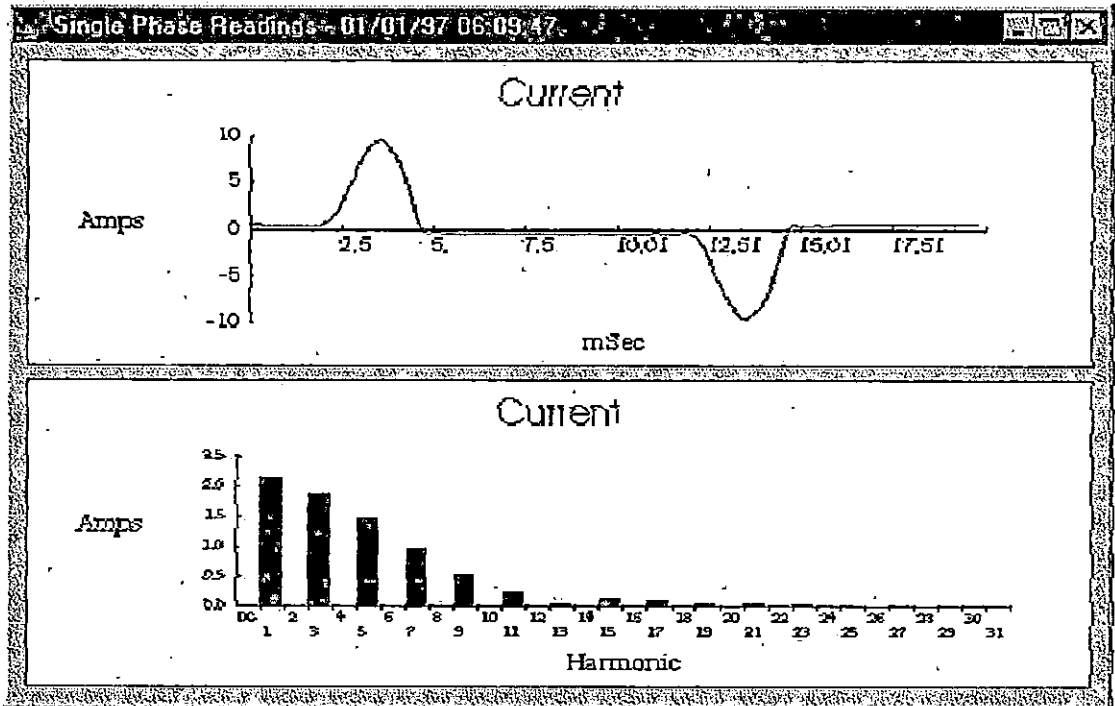
Grafik 4.7 . - Harmonisa Arus Panel LP-C



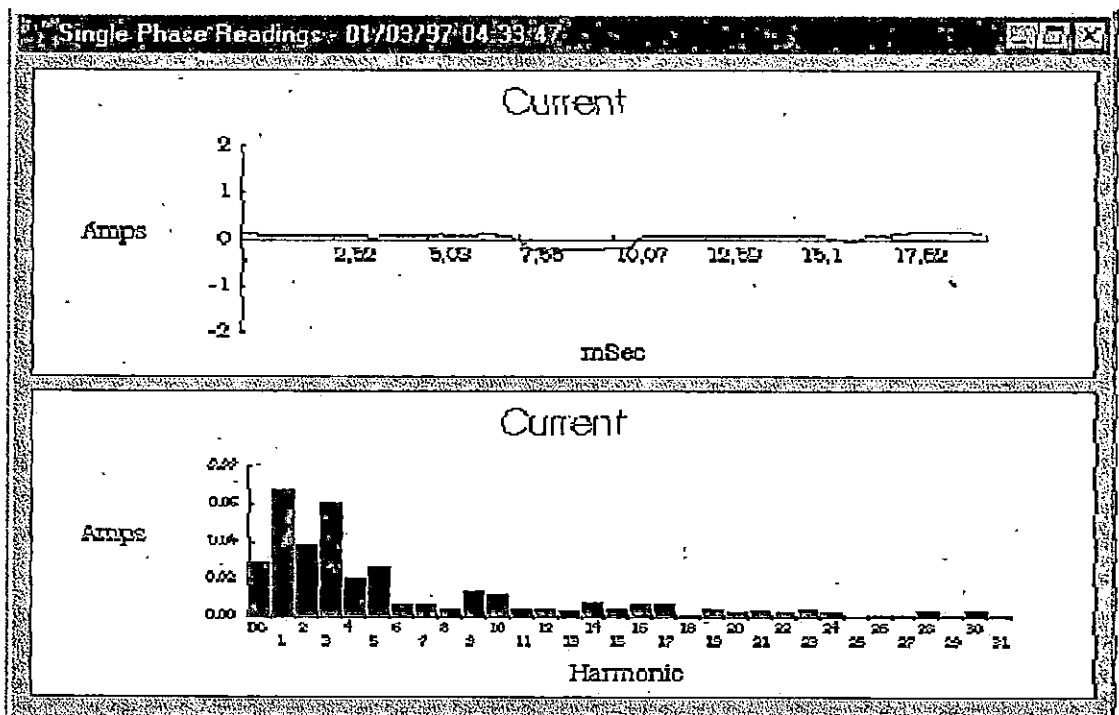
Grafik 4.8 . - Harmonisa Arus Panel PP-GA



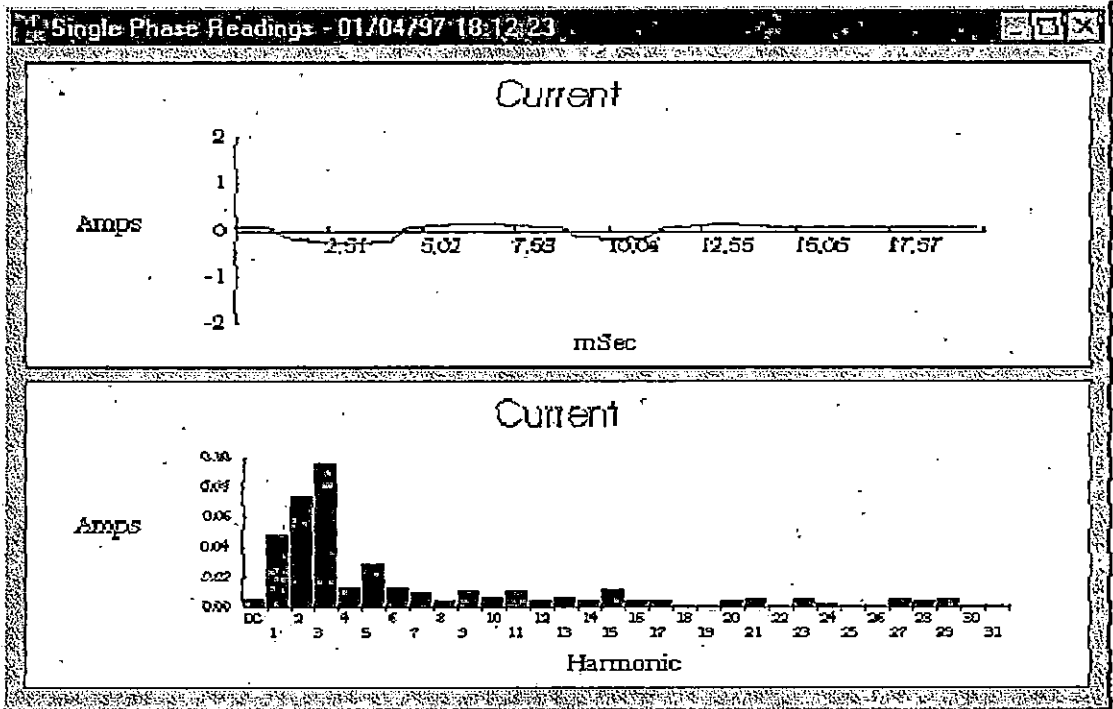
Grafik 4.9 . - Harmonisa Arus Panel PP-IB



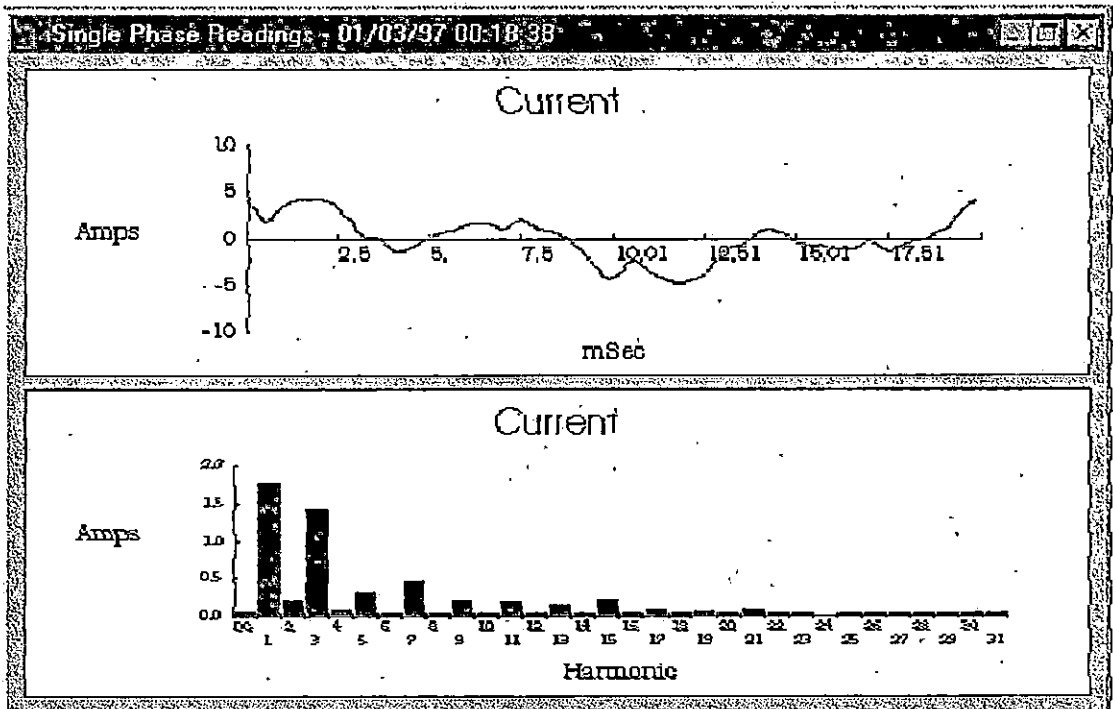
Grafik 4.10 . - Harmonisa Arus Panel PP-ID



Grafik. 4. 11 . - Harmonisa Arus Panel PP-HA



Grafik. 4. 12 . - Harmonisa Arus Panel PP-CU2



Lampiran 47

Grafik 4. 13 . - Harmonisa Arus Panel LP-A/EA

