



**ANALISIS KERJA PRIMERI CURRENT INJECTION 3 PHASA
PADA CURRENT TRANSFORMER PT PLN (PERSERO)
UNIT LAYANAN TRANSMISI DAN GARDU INDUK
BINJAI**

Disusun dan diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Menempuh Ujian Akhir
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Elektro dari Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Pembangunan Panca Budi

SKRIPSI

OLEH:

NAMA : JOSUA FRANSEDA PARDEDE
NPM : 1714210177
PROGRAM STUDI : TEKNIK ELEKTRO
PEMINATAN : TEKNIK ENERGI LISTRIK

**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN PANCA BUDI
MEDAN
2022**

PENGESAHAN SKRIPSI

JUDUL

: ANALISIS KINERJA ALAT PRIMERI CURRENT INJECTION (PCI) 3
PHASA PADA PT.PLN (PERSERO) GARDU INDUK (GI) BINJAI 150KV

NAMA

: JOSUA FRANJEDA

N.P.M

: 1714210177

FAKULTAS

: SAINS & TEKNOLOGI

PROGRAM STUDI

: Teknik Elektro

TANGGAL KELULUSAN

: 22 Februari 2022

DIKETAHUI

DEKAN

KETUA PROGRAM STUDI



Hamdani, ST., MT.



Siti Anisah, S.T., M.T

DISETUJUI

KOMISI PEMBIMBING

PEMBIMBING I

PEMBIMBING II



Hj Zuraidah Tharo, ST., MT



Siti Anisah, S.T., M.T

Hal : Permohonan Meja Hijau

Medan, 25 Januari 2022
Kepada Yth : Bapak/Ibu Dekan
Fakultas SAINS & TEKNOLOGI
UNPAB Medan
Di -
Tempat

Dengan hormat, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : JOSUA FRANSEDA
Tempat/Tgl. Lahir : MEDAN / 22 Oktober 1996
Nama Orang Tua : PITER PARDEDE, BA
N. P. M : 1714210177
Fakultas : SAINS & TEKNOLOGI
Program Studi : Teknik Elektro
No. HP : 085358050137
Alamat : Jln.Sei Bangkatan PERUM ANUGERAH BINJAI

Datang bermohon kepada Bapak/Ibu untuk dapat diterima mengikuti Ujian Meja Hijau dengan judul **Analisis kinerja alat Primeri Current Injection (PCI) 3 Phasa pada PT.PLN (persero) Gardu Induk (GI) Binjai 150kV**, Selanjutnya saya menyatakan :

1. Melampirkan KKM yang telah disahkan oleh Ka. Prodi dan Dekan
2. Tidak akan menuntut ujian perbaikan nilai mata kuliah untuk perbaikan indek prestasi (IP), dan mohon diterbitkan ijazahnya setelah lulus ujian meja hijau.
3. Telah tercap keterangan bebas pustaka
4. Terlampir surat keterangan bebas laboratorium
5. Terlampir pas photo untuk ijazah ukuran 4x6 = 5 lembar dan 3x4 = 5 lembar Hitam Putih
6. Terlampir foto copy STTB SLTA dilegalisir 1 (satu) lembar dan bagi mahasiswa yang lanjutan D3 ke S1 lampirkan ijazah dan transkripnya sebanyak 1 lembar.
7. Terlampir pelunasan kwintasi pembayaran uang kuliah berjalan dan wisuda sebanyak 1 lembar
8. Skripsi sudah dijilid lux 2 exemplar (1 untuk perpustakaan, 1 untuk mahasiswa) dan jilid kertas jeruk 5 exemplar untuk penguji (bentuk dan warna penjiilidan diserahkan berdasarkan ketentuan fakultas yang berlaku) dan lembar persetujuan sudah di tandatangani dosen pembimbing, prodi dan dekan
9. Soft Copy Skripsi disimpan di CD sebanyak 2 disc (Sesuai dengan Judul Skripsinya)
10. Terlampir surat keterangan BKKOL (pada saat pengambilan ijazah)
11. Setelah menyelesaikan persyaratan point-point diatas berkas di masukan kedalam MAP
12. Bersedia melunaskan biaya-biaya uang dibebankan untuk memproses pelaksanaan ujian dimaksud, dengan perincian sbb :

1. [102] Ujian Meja Hijau	: Rp.	1,000,000
2. [170] Administrasi Wisuda	: Rp.	1,750,000
Total Biaya	: Rp.	2,750,000

Ukuran Toga :

M

Diketahui/Disetujui oleh :

Hormat saya



Hamdani, ST., MT.
Dekan Fakultas SAINS & TEKNOLOGI



JOSUA FRANSEDA
1714210177

Catatan :

- 1.Surat permohonan ini sah dan berlaku bila ;
 - a. Telah dicap Bukti Pelunasan dari UPT Perpustakaan UNPAB Medan.
 - b. Melampirkan Bukti Pembayaran Uang Kuliah aktif semester berjalan
- 2.Dibuat Rangkap 3 (tiga), untuk - Fakultas - untuk BPAA (asli) - Mhs.ybs.

PERNYATAAN ORISINALITAS

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



JOSUA FRANSEDA PARDEDE
NPM: 1714210177

PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH

Sebagai sivitas akademika Universitas Pembangunan Panca Budi, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Josua Franseda Pardede
NPM : 1714210177
Program Studi : Teknik Elektro
Fakultas : Sains dan Teknologi
Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Pembangunan Panca Budi **Hak Bebas Royalti Noneklusif** (*Nonexclusive Royalty-free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul: **Analisis Kerja Primeri Current Injection 3 Fasa Pada Current Transformer PT PLN (Persero) Unit Layanan Transmisi Dan Gardu Induk Binjai**, beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneklusif ini Universitas Pembangunan Panca Budi berhak menyimpan, mengalih-media/alih formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*data base*), merawat dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya perbuat dengan sebenar

Rinjai, 01 April 2022



JOSUA FRANSEDA PARDEDE
NPM: 1714210177



UNIVERSITAS PEMBANGUNAN PANCA BUDI FAKULTAS SAINS & TEKNOLOGI

Jl. Jend. Gatot Subroto Km 4,5 Medan Fax. 061-8458077 PO.BOX : 1099 MEDAN

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO	(TERAKREDITASI)
PROGRAM STUDI ARSITEKTUR	(TERAKREDITASI)
PROGRAM STUDI SISTEM KOMPUTER	(TERAKREDITASI)
PROGRAM STUDI TEKNIK KOMPUTER	(TERAKREDITASI)
PROGRAM STUDI AGROTEKNOLOGI	(TERAKREDITASI)
PROGRAM STUDI PETERNAKAN	(TERAKREDITASI)

PERMOHONAN JUDUL TESIS / SKRIPSI / TUGAS AKHIR*

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama Lengkap : JOSUA FRANSEDA
 Tanggal/Tgl. Lahir : MEDAN / 22 Oktober 1996
 Nomor Pokok Mahasiswa : 1714210177
 Program Studi : Teknik Elektro
 Konsentrasi : Teknik Energi Listrik
 Jumlah Kredit yang telah dicapai : 141 SKS, IPK 3.21
 Nomor Hp : 085358050137
 Saya ini mengajukan judul sesuai bidang ilmu sebagai berikut :

Judul

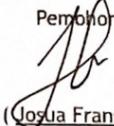
Analisis kinerja alat Primer Current Injection (PCI) 3 Phasa pada PT.PLN (persero) Gardu Induk (GI) Binjai 150kV0

Diisi Oleh Dosen Jika Ada Perubahan Judul

Yang Tidak Perlu

Rektor

 (Cahyo Pramono, S.E., M.A.)


Medan, 22 April 2021
 Pemohon,

 (Josua Franseda)

Tanggal :

Disetujui oleh :
Dekan

(Hamdani, ST., MT.)

Tanggal :

Disetujui oleh :
Dosen Pembimbing I :

(Hj Zuyadah Tharo, ST., MT)

Tanggal :

Disetujui oleh :
Ka. Prodi Teknik Elektro

(Siti Anisah, ST., MT)

Tanggal :

Disetujui oleh :
Dosen Pembimbing II :

(Siti Anisah, ST., MT)



YAYASAN PROF. DR. H. KADIRUN YAHYA

UNIVERSITAS PEMBANGUNAN PANCA BUDI

JL. Jend. Gatot Subroto KM 4,5 PO. BOX 1099 Telp. 061-30106057 Fax. (061) 4514808
MEDAN - INDONESIA

Website : www.pancabudi.ac.id - Email : admin@pancabudi.ac.id

LEMBAR BUKTI BIMBINGAN SKRIPSI

Nama Mahasiswa : JOSUA FRANSEDA
NPM : 1714210177
Program Studi : Teknik Elektro
Jenjang Pendidikan : Strata Satu
Dosen Pembimbing : Hj Zuraidah Tharo, ST., MT
Judul Skripsi : Analisis kinerja alat Primeri Current Injection (PCI) 3 Fasa pada PT.PLN (persero) Gardu Induk (GI) Binjai 150kV

Tanggal	Pembahasan Materi	Status	Keterangan
02 Maret 2021	Silahkan lanjutkan buat proposalnya	Revisi	
02 Maret 2021	Silahkan lanjutkan buat proposalnya	Revisi	
30 Maret 2021	ACC Seminar proposal	Disetujui	
02 Juli 2021	Bab 2 dan 3 belum ada terlihat di portal	Revisi	
02 Juli 2021	perbaiki judul silahkan upload ke portal	Revisi	
29 Juli 2021	Perbaiki Flowchart pada bab 3	Revisi	
29 Juli 2021	ACC Seminar Hasil	Disetujui	
02 Desember 2021	Perbaiki Flowchart, sesuaikan statement dengan simbol gambarnya	Revisi	
02 Desember 2021	ACC Sidang Meja Hijau	Disetujui	
10 Maret 2022	tambahkan abstrak dalam bahasa Inggris dan perbaiki Flowchart	Revisi	
12 April 2022	ACC Jilid	Disetujui	

Medan, 11 Mei 2022
Dosen Pembimbing,



Hj Zuraidah Tharo, ST., MT



YAYASAN PROF. DR. H. KADIRUN YAHYA

UNIVERSITAS PEMBANGUNAN PANCA BUDI

JL. Jend. Gatot Subroto KM 4,5 PO. BOX 1099 Telp. 061-30106057 Fax. (061) 4514808
MEDAN - INDONESIA

Website : www.pancabudi.ac.id - Email : admin@pancabudi.ac.id

LEMBAR BUKTI BIMBINGAN SKRIPSI

Nama Mahasiswa : JOSUA FRANSEDA
NPM : 1714210177
Program Studi : Teknik Elektro
Jenjang Pendidikan : Strata Satu
Dosen Pembimbing : Siti Anisah, S.T., M.T
Judul Skripsi : Analisis kinerja alat Primeri Current Injection (PCI) 3 Fasa pada PT.PLN (persero) Gardu Induk (GI) Binjai 150kV

Tanggal	Pembahasan Materi	Status	Keterangan
30 Maret 2021	lanjutkan dulu proposalnya sampai bab 1 dan flowchart pelaksanaannya baru diajukan kembali ke portal ya	Revisi	
03 April 2021	acc seminar proposal	Disetujui	
12 Juli 2021	bab 1 nya kenapa ngak ada cover nya, ibu mau cek, isi dengan judul sudah sesuai belum	Revisi	
31 Juli 2021	ACC semianar Hasil	Revisi	
31 Juli 2021	Acc Seminar Hasil	Disetujui	
17 November 2021	ACC seminar hasil	Disetujui	
17 Desember 2021	ACC Sidang Meja Hijau	Disetujui	
11 April 2022	Acc Pengesahan lilid	Disetujui	

Medan, 11 Mei 2022
Dosen Pembimbing,



Siti Anisah, S.T., M.T

**UNIVERSITAS PEMBANGUNAN PANCABUDI
TURNITIN PLAGIAT SIMILARITY INDEX**

Nama : JOSUA FRANSEDA PARDEDE
NPM : 1714210177
Prodi : TEKNIK ELEKTRO



Bersamaan dengan ini kami beritahukan bahwasanya hasil **Turnitin Plagiat Similarity Index** Skripsi / Tesis saudara telah **LULUS** dengan hasil :

46%

Silahkan melanjutkan tahap pendaftaran Sidang Meja Hijau.

Verifikasi	Nama
24 januari 2022	Wenny Sartika, SH.,MH

No. Dokumen : FM-DPMA-06-03	Revisi : 00	Tgl Eff : 16 Okt 2021
-----------------------------	-------------	-----------------------



KARTU BEBAS PRAKTIKUM
Nomor. 57/BL/LTPE/2021

Yang bertanda tangan dibawah ini Ka. Laboratorium Elektro dengan ini menerangkan bahwa :

Nama : JOSUA FRANSEDA
N.P.M. : 1714210177
Tingkat/Semester : Akhir
Fakultas : SAINS & TEKNOLOGI
Jurusan/Prodi : Teknik Elektro

Benar dan telah menyelesaikan urusan administrasi di Laboratorium Elektro Universitas Pembangunan Panca Budi Medan.

Medan, 11 Mei 2022
Ka. Laboratorium

[Approve By System]
D T O
Hamdani, S.T., M.T.



No. Dokumen : FM-LEKTO-06-01

Revisi : 01

Tgl. Efektif : 04 Juni 2015



YAYASAN PROF. DR. H. KADIRUN YAHYA
PERPUSTAKAAN UNIVERSITAS PEMBANGUNAN PANCA BUDI
Jl. Jend. Gatot Subroto KM. 4,5 Medan Sunggal, Kota Medan Kode Pos 20122

SURAT BEBAS PUSTAKA
NOMOR: 794/PERP/BP/2021

Kepala Perpustakaan Universitas Pembangunan Panca Budi menerangkan bahwa berdasarkan data pengguna perpustakaan atas nama saudara/i:

Nama : JOSUA FRANSEDA
N.P.M. : 1714210177
Tingkat/Semester : Akhir
Fakultas : SAINS & TEKNOLOGI
Jurusan/Prodi : Teknik Elektro

Bahwasannya terhitung sejak tanggal 29 Oktober 2021, dinyatakan tidak memiliki tanggungan dan atau pinjaman buku sekaligus tidak lagi terdaftar sebagai anggota Perpustakaan Universitas Pembangunan Panca Budi Medan.

Medan, 29 Oktober 2021
Diketahui oleh,
Kepala Perpustakaan



Rahmad Budi Utomo, ST.,M.Kom

No. Dokumen: FM-PERPUS-06-01
Revisi : 01
Tgl. Efektif : 04 Juni 2015

SURAT KETERANGAN
TURNITIN SELF PLAGIAT SIMILARITY

Dengan ini saya Ka.PPMU UNPAB menerangkan bahwa surat ini adalah bukti pengesahan dari LPMU sebagai pengesah proses plagiat checker Tugas Akhir/ Skripsi/Tesis selama masa pandemi *Covid-19* sesuai dengan Edaran Rektor Nomor : 7594/13/R/2020 Tentang Pemberitahuan Perpanjangan PBM Online.

Demikian disampaikan.

NB: Segala penyalahgunaan/pelanggaran atas surat ini akan di proses sesuai ketentuan yang berlaku UNPAB.



Dr. Henry Aspan, SE., SH., MA., MH., MM

No. Dokumen : FM-DPMA-06-02	Revisi : 01	Tgl Eff : 16 Okt 2021
-----------------------------	-------------	-----------------------

JOSUA FRANSEDA PARDEDE_1714210177_TEKNIK ELEKTRO_SKRIPSI_UNGGAHAN KE1

ORIGINALITY REPORT

46%
SIMILARITY INDEX

46%
INTERNET SOURCES

7%
PUBLICATIONS

25%
STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1	eprints.umm.ac.id Internet Source	6%
2	anjardeska.files.wordpress.com Internet Source	5%
3	news.tridinamika.com Internet Source	5%

Analisis Kerja Primeri Current Injection 3 Phasa Pada Current Transformer PT PLN (Persero) Unit Layanan Transmisi Dan Gardu Induk Binjai

Josua Franseda Pardede*

Zuraidah Tharo**

Siti Anisah**

Universitas Pembangunan Panca Budi

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan menganalisa kerja Primeri Current Injection 3 Phasa pada Current Transformer PT PLN (Persero) unit layanan transmisi dan gardu induk Binjai. Berdasarkan hasil penelitian bahwa PCI 3 pasa dikenal sebagai sistem yang mempunyai urutan pasa ABC. Setelah melalui proses kondisi ketiga buah PCI 3 pasa akan bekerja kemudian akan memberikan hasil pada monitor. Keunggulan PCI 3 pasa merubah energi listrik menjadi energi mekanik, mampu menginjeksikan arus pada sisi primer transformator arus setiap pasa dan arus sekunder dimonitor pada setiap rangkaian meter dan relai pengaman pada tiap pasanya. PCI 3 pasa dapat mentriapkan pemutus tenaga dan memantau setiap indikasi yang muncul pada panel kontrol. Keunggulan kinerja dari PCI 3 pasa lainnya pada nilai ketidak seimbangan kecil, dan pada nilai ketidak seimbangan yang di perbesar, hasil pengukuran tiga pasa meningkat, demikian pula pada pembebanan induktif. PCI 3 belum dapat menyimpan data secara otomatis hasil pengamatan pada transformator arus. PCI 3 pasa belum memiliki opsi pengaman alat dan peralatan apabila terjadi kesalahan prosedur dalam menggunakan PCI 3 pasa. PCI 3 pasa ini masih menggunakan kontrol manual, sehingga ketika menggunakannya harus tetap dalam pengawasan dan diperhatikan secara seksama agar tidak terjadi kesalahan dalam melakukan injeksi arus.

Kata Kunci: *PCI, 3 Pasa, PT PLN*

* Mahasiswa Program Studi Teknik Elektro

** Dosen Program Studi Teknik Elektro

Work Analysis of 3 Phase Primeri Current Injection on Current Transformer PT PLN (Persero) Transmission Service Unit and Binjai Substation

Josua Franseda Pardede*

Zuraidah Tharo**

Siti Anisah**

Panca Budi University of Development

ABSTRACT

This study aims to analyze the work of Primeri Current Injection 3 Phase on the Current Transformer of PT PLN (Persero) transmission service unit and Binjai substation. Based on the results of the research that PCI 3 pasa is known as a system that has an ABC sequence of pasa. After going through the process, the three PCI 3 pasa conditions will work then will give results on the monitor. The advantages of PCI 3 pasa convert electrical energy into mechanical energy, are able to inject current on the primary side of the current transformer each phase and the secondary current is monitored in each meter circuit and safety relay in each pass. PCI 3 pass can trip the circuit breaker and monitor any indication that appears on the control panel. The performance advantage of the other 3-pass PCI on the small unbalance value, and on the enlarged unbalance value, the three-pass measurement results increase, as well as the inductive loading. PCI 3 has not been able to automatically store data from observations on the current transformer. PCI 3 pass does not yet have a tool and equipment security option in the event of a procedural error in using a PCI 3 pass. This PCI 3 market still uses manual control, so when using it, it must be monitored and paid close attention so that there are no errors in current injection.

Keywords: PCI, 3 Pasa, PT PLN

* *Electrical Engineering Study Program Student*

** *Lecturer of Electrical Engineering Study Program*

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur peneliti haturkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, atas izin dan karunia-Nya, kepada peneliti, sehingga skripsi ini dapat peneliti selesaikan dengan susah payah. Adapun judul skripsi yang peneliti susun ini berjudul: **“Analisis Kerja Primeri Current Injection 3 Phasa Pada Current Transformer PT PLN (Persero) Unit Layanan Transmisi Dan Gardu Induk Binjai”**. Skripsi ini merupakan salah satu syarat dalam menyelesaikan strata satu pada Program Studi Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi di Universitas Pembangunan Panca Budi Medan. Peneliti menyadari banyak kelemahan dan kekurangan dalam penulisan skripsi ini. Oleh sebab itu, saran dan kritik yang dapat membangun sangat peneliti harapkan demi perbaikan dan kemampuan peneliti pada karya tulis lainnya dimasa mendatang.

Skripsi ini dapat diselesaikan dengan bantuan berbagai pihak, oleh karena itu pada kesempatan ini penulis menyampaikan rasa terima kasih kepada yang saya hormati :

1. Bapak Dr. H. Muhammad Isa Indrawan, SE, MM., selaku Rektor Universitas Pembangunan Panca Budi Medan.
2. Bapak Hamdani, ST, MT., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Pembangunan Panca Budi Medan.
3. Ibu Siti Anisah ST, MT. selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro Universitas Pembangunan Panca Budi Medan.
4. Ibu Hj. Zuraidah Tharo, ST., MT., selaku Pembimbing I, dan Ibu Siti Anisah ST, MT. selaku Pembimbing II, yang telah memberikan ilmu, pengarahan, masukan serta waktu bimbingan kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
5. Bapak dan Ibu penguji yang memberikan saran, masukan dan kritikan untuk membuat skripsi ini menjadi lebih baik.
6. Bapak dan Ibu staf pengajar dan administarasi Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Pembangunan Panca Budi Medan yang telah memberikan ilmu

dalam penulisan skripsi ini, serta kepada karyawan dan karyawan yang telah membantu di bidang administrasi.

7. Bapak dan Ibu Staf perpustakaan pusat dan ruang baca Universitas Pembangunan Panca Budi Medan yang telah memberikan penulis kemudahan dalam mendapatkan bahan bacaan.
8. Teristimewa penulis ucapkan pada Ayahanda tercinta Piter Pardede, dan Ibunda tercinta Aprin Linda Br. Panjaitan, serta seluruh keluarga yang telah memberikan dukungan, motivasi, dan mendoakan penulis demi terwujudnya cita-cita penulis.
9. Rekan-rekan seperjuangan serta semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan namanya satu persatu.

Semoga segala bantuan yang telah diberikan menjadi kebaikan dan di balas Tuhan Yang Maha Esa, dengan kebaikan yang berlipat ganda.

Penulis menyadari sepenuhnya hasil penelitian ini masih memiliki kekurangan dan jauh dari kesempurnaan baik dari sistematika penulisan maupun dari pemilihan kata yang digunakan, untuk itu penulis mengharapkan kritik yang membangun demi kesempurnaan penelitian penulis yang lain di masa yang akan datang. Penulis berharap hasil penelitian ini dapat bermanfaat baik bagi kita semua. Atas perhatian dari semua pihak penulis mengucapkan terima kasih.

Binjai, 01 April 2022
Penulis/Peneliti

Josua Franseda Pardede
NPM: 1714210177

DAFTAR ISI

Halaman

HALAMAN PENGESAHAN

ABSTRAK

ABSTRACT

KATA PENGANTAR..... i

DAFTAR ISI..... iii

DAFTAR TABEL v

DAFTAR GAMBAR..... vi

BAB 1 : PENDAHULUAN 1

1.1. Latar Belakang Masalah 1

1.2. Rumusan Masalah 4

1.3. Batasan Masalah 5

1.4. Tujuan Penelitian..... 5

1.5. Manfaat Penelitian..... 5

1.6. Metode Penelitian 6

1.7. Sistematika Penulisan..... 6

BAB 2: DASAR TEORI 8

2.1. Trafo Arus 8

2.2. Transformator 3 Phasa..... 13

2.3. Arus Listrik..... 16

2.4. Primeri Current Injection 3 Phasa 23

BAB 3: METODE PENELITIAN 28

3.1. Jenis Dan Pendekatan Penelitian 28

3.2. Lokasi Dan Waktu Penelitian 28

3.3. Informan Peneltian 28

3.4. Sumber Dan Jenis Data 29

3.5. Teknik Pengumpulan Data	29
3.6. Teknik Analisis Data	30
BAB 4. HASIL PENELITIAN DAN ANALISIS	32
4.1. Hasil Penelitian	32
4.1.1. Teknik Penggunaan PCI 3 Pasa	32
4.1.2. Kinerja PCI 3 Pasa	36
4.1.3. Kendala Penggunaan PCI 3 Pasa	43
4.1.4. Analisis Penelitian.....	46
4.2. Pembahasan	56
BAB 5. PENUTUP	63
5.1. Kesimpulan.....	63
5.2. Saran	64
DAFTAR PUSTAKA	66
DAFTAR RIWAYAT HIDUP PENULIS	68

DAFTAR TABEL

No Tabel.	Judul	Halaman
Tabel 2.1.	Perbedaan PCI 300 dan Alat Uji Injeksi Primer Lain.....	26
Tabel 4.1.	Perbedaan PCI 300 dan Alat Uji Injeksi Primer Lain.....	37
Tabel 4.2.	Hasil Pengukuran Arus Ukur menggunakan PCI 300	39
Tabel 4.3.	Perincian Biaya Material Pembuatan PCI 3 Pasa	42

DAFTAR GAMBAR

No Gambar.	Judul	Halaman
Gambar 2.1.	Prinsip Kerja Trafo Arus	12
Gambar 2.2.	Injeksi Primer 1 Pasa.....	23
Gambar 2.3.	Injeksi Primer 3 Pasa Dengan PCI 300.....	25
Gambar 2.4.	PCI 300	27
Gambar 3.1.	Flowcart	31
Gambar 4.1.	Teknik Penggunaan PCI 3 Pasa	35
Gambar 4.2.	Mengukur Kesamaan Arus Keluar.....	38
Gambar 4.3.	Pengukuran Sudut 3 Pasa.....	41

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Kelistrikan adalah hal yang sangat penting dalam kehidupan manusia. Listrik tidak bisa digunakan tanpa menggunakan rangkaian elektronik yang mengatur listrik agar dapat digunakan. Listrik biasa digunakan untuk menyalakan barang elektronik dan sebagai penerangan. Namun selain menggunakan listrik juga harus memperhatikan kestabilan kelistrikan.

Voltage Current Injection digunakan untuk mengukur atau menguji kelistrikan. *Injection Current Test* digunakan untuk menguji rasio Trafo Arus. Injeksi arus pada sisi primer dari trafo arus (CT). Trafo Arus sendiri merupakan perantara pengukuran arus, dimana keterbatasan kemampuan baca alat ukur (Hartono, 2015). Misalnya pada sistem saluran tegangan tinggi, arus yang mengalir adalah 2000A sedangkan alat ukur yang ada hanya sebatas 5A. Maka dibutuhkan sebuah CT yang mengubah representasi nilai aktual 2000A di lapangan menjadi 5A sehingga terbaca oleh alat ukur.

Selain digunakan sebagai media pembaca, CT juga digunakan dalam sistem proteksi sistem tenaga listrik. Sistem proteksi dalam sistem tenaga listrik sangatlah kompleks sehingga CT itu sendiri dibuat dengan spesifikasi dan kelas yang bervariasi sesuai dengan kebutuhan sistem yang ada. Rasio CT merupakan spesifikasi dasar yang harus ada pada CT, dimana representasi nilai arus yang ada di lapangan dihitung dari besarnya rasio CT. Misal CT dengan rasio 2000/5A dan

nilai yang terukur di sekunder CT adalah 2.5A, maka nilai aktual arus yang mengalir di penghantar adalah 1000A (Sopyandi, 2011). Kesalahan rasio ataupun besarnya presentase error dapat berdampak pada besarnya kesalahan pembacaan di alat ukur, kesalahan penghitungan tarif, dan kesalahan operasi sistem proteksi (Sopyandi, 2011).

Pada CT terdapat burden yaitu nilai maksimum daya (dalam satuan VA) yang mampu dipikul. Nilai daya ini harus lebih besar dari nilai yang terukur dari terminal sekunder CT sampai dengan koil relay proteksi yang dikerjakan. Apabila lebih kecil, maka relay proteksi tidak akan bekerja saat terjadi gangguan.

Pada dasarnya kelas CT menentukan sistem proteksi jenis apakah core CT tersebut. Misal untuk proteksi arus lebih digunakan kelas 5P20, untuk kelas tarif metering digunakan kelas 0.2 atau 0.5, untuk sistem proteksi busbar digunakan Class X atau PX. Sementara pada titik saturasi/jenuh saat CT melakukan eksitasi tegangan, umumnya proteksi busbar menggunakan tegangan sebagai penggerak koilnya atau disebut kneepoint (Slegers, 2011). Tegangan dapat dihasilkan oleh CT ketika sekunder CT diberikan impedansi seperti yang tertera pada Hukum Ohm. Kneepoint hanya terdapat pada CT dengan Class X atau PX. Besarnya tegangan kneepoint dapat mencapai 2000 Volt, dan tentu saja besarnya kneepoint tergantung dari nilai atau desain yang diinginkan (Hartono, 2015).

Impedansi dalam CT pada umumnya sangat kecil, namun pada kelas X nilai ini ditentukan dan tidak boleh melebihi nilai yang tertera. Misal: $< 2.5 \text{ Ohm}$,

maka impedansi CT pada kelas X tidak boleh lebih dari 2.5 Ohm atau CT tersebut dikembalikan ke pabrik untuk dilakukan penggantian.

Salah satu satuan unit kerja PT. PLN Persero sebagai pengelola jaringan transmisi energi listrik yang menjalankan fungsi pengoperasian dan pemeliharaan jaringan transmisi dan gardu induk. Pada pengoperasian dan pemeliharaan jaringan memerlukan berbagai alat uji yang dapat menginjeksi besaran listrik pada peralatan gardu induk. Hal ini berupa arus dan tegangan yang bervariasi jumlah dan kapasitasnya untuk pemeliharaan dan monitoring kondisi setiap peralatan. Hal tersebut membuat UPT PLN menyediakan alat uji dan alat injeksi yang diperlukan tim pemeliharaan dalam memantau kondisi peralatan demi menjaga kestabilan penyaluran energi listrik sehingga berdampak positif terhadap kinerja transmisi dan gardu induk, salah satunya adalah alat injeksi arus.

Alat injeksi arus yang tersedia di PT PLN ULTG Binjai sampai pada saat ini adalah alat injeksi arus satu fasa. Namun masih memiliki kekurangan saat melakukan injeksi arus pada sistem tiga fasa yaitu memerlukan durasi yang lebih lama dan belum dapat memonitor hubungan sudut fasa pada proses pengujiannya. Oleh sebab itu, diperlukan alat uji injeksi primer arus tiga fasa yaitu PCI 300. Dengan adanya alat uji PCI 300 berharap instalasi tegangan tinggi gardu induk dapat meningkatkan kualitas pemeliharaan dalam sistem penyaluran tiga fasa.

PCI 300 adalah alat uji yang mampu menginjeksi arus tiga fasa dalam waktu bersamaan. Alat ini membutuhkan supply daya tegangan 220V AC sebagai sumber. Pada pengujian alat Primary Current Injection (PCI) terdapat beberapa latar belakang diantaranya kendala pada saat pengujian injeksi arus primer dengan

menggunakan alat uji injeksi satu fasa. Seperti dari beberapa kejadian yang disebabkan tidak terujinya hubungan tiga fasa peralatan. Energize bay 150 kV Kapasitor New GI PGELI tahun 2019, Malakerja Relay Ground Fault karena polaritas CT salah satu fasa terbalik, pemulihan Bay Penghantar 150 kV P. GELI-GLUGUR 2 Pasca Pemeliharaan tahun 2018. Malakerja Relay Ground Fault karena salah satu rangkaian sekunder CT OPEN. Pemulihan Bay TD 2 GI PGELI Pasca Pemeliharaan tahun 2017. Malakerja Relay Differential karena polaritas rangkaian sekunder CT Incoming terbalik.

Beberapa contoh diatas memiliki kontribusi nilai pengurang pada kinerja TROF (Transformer Outage Frequency), TROD (Transformer Outage Duration), TLOF (Transmisi Line Outage Frequency) dan TLOD (Transmisi Line Outage Duration). Berdasarkan latar belakang masalah tersebut perlu adanya analisis kerja Primeri Current Injection 3 fasa pada Current Transformer PT PLN (Persero) unit layanan transmisi dan gardu induk Binjai. Pemilihan bahan dan alat, perakitan dan sampai kepada proses pengujian injeksi primer terhadap sebuah CT sehingga dapat meyakinkan dalam penerapannya aman untuk digunakan pada Gardu Induk.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian di atas maka dapat diambil rumusan masalah pada penelitian ini sebagai berikut:

- a. Bagaimana penggunaan alat PCI 3 fasa pada PT PLN ULTG Binjai ?
- b. Bagaimana kinerja alat PCI 3 fasa pada PT PLN ULTG Binjai ?.

- c. Apa kendala yang dihadapi dengan penggunaan alat PCI 3 phasa pada PT PLN ULTG Binjai ?.

1.3. Batasan Masalah

Permasalahan pada penelitian ini perlu dibatasi agar tidak terjadi penjelasan yang luas namun tidak terarah. Adapun batasan masalah pada penelitian ini adalah menganalisis kerja Primeri Current Injection 3 phasa pada Current Transformer PT PLN (Persero) unit layanan transmisi dan gardu induk Binjai.

1.4. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah dan batasan masalah tersebut, maka tujuan penelitian ini adalah:

- a. Untuk mengetahui bagaimana penggunaan alat PCI 3 phasa pada PT PLN ULTG Binjai.
- b. Untuk mengetahui bagaimana kinerja alat PCI 3 phasa pada PT PLN ULTG Binjai.
- c. Untuk mengetahui apa kendala yang dihadapi dengan penggunaan alat PCI 3 phasa pada PT PLN ULTG Binjai.

1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini dilakukan tentunya ada harapan yang akan dicapai, adapun manfaat dari penelitian ini adalah :

- a. Agar dapat mengambil tindakan preventif untuk mencegah terjadinya kerusakan pada trafo arus.

- b. Diharapkan dapat memberikan tambahan informasi terhadap sistem kerja alat PCI 3 phasa pada PT PLN.
- c. Agar dapat memahami perbedaan yang ada pada sistem 1 phasa dan 3 phasa.

1.6. Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini, menggunakan 2 macam metode yaitu:

- a. Metode Literatur, mengumpulkan bahan-bahan yang berhubungan dengan judul penelitian dari buku-buku yang ada di perpustakaan dan ada hubungannya dengan alat PCI 3 phasa.
- b. Metode Konsultasi/Wawancara, untuk memperoleh Informasi yang lebih jelas mengenai judul yang akan dibahas, penulis mengadakan suatu metode tukar pendapat dan konsultasi dengan Dosen Pembimbing.

1.7. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan skripsi bertujuan untuk memberikan pengarahannya secara jelas tentang isi yang akan dimuat pada penulisan skripsi ini yang merupakan garis besar dari isi skripsi. Adapun sistematika penulisan skripsi ini adalah:

Bab I Pendahuluan, pada bab ini membahas tentang latar belakang masalah, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, metode penelitian dan sistematika penulisan.

BAB II Dasar Teori, pada bab ini mengemukakan teori-teori yang melandasi pembahasan masalah yang akan dibahas.

BAB III Metode Penelitian, pada bab ini berisi mengenai data-data dan mengenai langkah-langkah untuk melakukan analisis menggunakan metode kualitatif.

BAB IV Hasil Dan Pembahasan, Pada bab ini membahas tentang hasil analisis terhadap kinerja alat PCI 3 phasa pada PT PLN ULTG Binjai.

BAB V Kesimpulan, pada bab ini membahas tentang kesimpulan dan saran dari hasil yang telah dilakukan sesuai dengan masalah yang dibahas dalam penyusunan skripsi.

BAB 2

DASAR TEORI

2.1. Trafo Arus

Pada sistem penghantar tenaga listrik terdapat pembangkit tenaga listrik yaitu salah satu bagian sistem tenaga listrik, pada pembangkit listrik terdapat peralatan elektrikal, mekanikal, dan bangunan kerja (Hartono, 2015). Terdapat komponen-komponen utama pembangkit yaitu generator, turbin yang berfungsi untuk mengkonversi energi (potensial) mekanik menjadi energi (potensial) listrik (Hartono, 2015). Tegangan yang keluar dari generator harus dinaikkan lebih dahulu guna mengurangi jumlah arus yang mengalir pada saluran transmisi, dengan arus rendah yang mengalir pada saluran transmisi maka dapat mengurangi daya.

Guna menghantarkan energi listrik diperlukan saluran transmisi yang merupakan media yang digunakan untuk mentransmisikan tenaga listrik dari generator station/ pembangkit listrik sampai pada saluran distribusi hingga pada konsumen pengguna listrik. Tenaga listrik ditransmisikan oleh suatu bahan konduktor yang mengalirkan tenaga listrik berdasarkan kategori saluran transmisi (Suhadi, 2008). Saluran transmisi dapat dibedakan menjadi dua kategori berdasarkan konstruksinya, yaitu saluran udara (*overhead line*) dan saluran bawah tanah (*underground*). Sistem saluran udara menyalurkan tenaga listrik melalui penghantar-penghantar yang digantungkan pada tiang-tiang transmisi dengan perantara isolator-isolator, sedangkan sistem saluran transmisi bawah tanah menyalurkan tenaga listrik melalui kabel-kabel bawah tanah (Lagolan, 2012).

Kedua penghantar tenaga listrik ini mempunyai kelebihan dan kekurangan masing-masing. Saluran transmisi udara yang sangat rentan terjadinya gangguan atau kerusakan yang diakibatkan pengaruh cuaca seperti hujan, petir, dan lain sebagainya. Saluran udara sendiri kurang baik karena dapat mengganggu lingkungan dan pemandangan akibat tiang-tiang dari saluran transmisi udara. Adapun kelebihan nya adalah perbaikan lebih mudah jika terjadi kerusakan yang diakibatkan oleh gangguan. Sedangkan saluran transmisi bawah tanah memiliki kelebihan tidak terpengaruh oleh perubahan cuaca seperti angin kencang, petir, dan lain sebagainya. Saluran transmisi bawah tanah juga lebih estetis karena tidak mengganggu lingkungan dan pandangan. Kekurangan dari saluran transmisi bawah tanah adalah biaya pembangunannya yang lebih mahal dibanding saluran udara dan perbaikannya lebih sulit apabila terjadi gangguan (Lagolan , 2012).

Pada saluran transmisi dapat menyalurkan tenaga listrik dengan beberapa tegangan nominal. Berdasarkan dokumen IEC (International Electrotechnical Commission) 60038, tegangan transmisi dapat dikelompokkan menjadi tegangan menengah (1KV-35KV), tegangan tinggi (35KV-230KV), tegangan ekstra tinggi (230KV-800KV), dan tegangan ultra tinggi (di atas 800KV). Pada penyaluran tenaga listrik terdapat tegangan yang dibangkitkan oleh generator yang harus dinaikan dengan trafo daya *step up* hingga ratusan kilovolt, yang bertujuan untuk mengurangi jumlah arus yang mengalir pada saluran transmisi, sehingga kerugian daya dapat dikurangi dan semua peralatan yang terpasang sesudah trafo (sisi sekunder) harus mampu memikul tegangan yang tinggi (Sulasno, 2010).

Trafo atau transformator arus adalah suatu peralatan listrik yang dapat memindahkan energi listrik atau memindahkan dan mengubah energi listrik bolak-balik dari satu level ke level tegangan yang lain melalui kinerja satu gandengan magnet dan berdasarkan prinsip induksi elektromagnetik (Hamzah, 1994). Pada umumnya transformator terdiri atas sebuah inti yang terbuat dari besi berlapis, dan dua buah kumparan yaitu kumparan primer dan kumparan sekunder.

Kedua kumparan ini tidak terhubung secara langsung. Satu-satunya hubungan antara kedua kumparan adalah fluks magnetik bersama yang terdapat dalam inti. Salah satu dari kedua kumparan transformator tadi dihubungkan ke sumber daya listrik bolak-balik dan kumparan kedua (serta ketiga jika ada) akan mensuplai daya ke beban.

Transformator adalah peralatan listrik yang statis untuk mentransformasikan energi listrik dari satu rangkaian listrik ke rangkaian lainnya dengan cara mengubah nilai tegangan tanpa merubah nilai frekuensi (Rusadi, 2013). Transformator disebut sebagai peralatan yang statis karena tak terdapat bagian yang bergerak atau berputar, tidak seperti generator atau motor. Cara pengubahan tegangan ini dilakukan dengan memanfaatkan prinsip induktansi elektro magnetik pada lilitan.

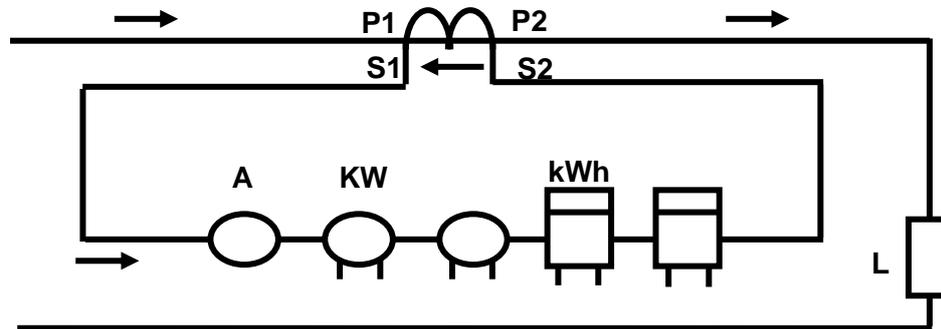
Fenomena induksi elektromagnetik ini terjadi dalam satu waktu pada transformator adalah induktansi sendiri pada masing-masing lilitan yang diikuti oleh induktansi bersamaan antar lilitan. Untuk lebih sederhananya transformator

terbagi menjadi tiga bagian, yaitu lilitan primer, lilitan sekunder dan inti besi. Lilitan primer adalah bagian transformator yang terhubung dengan rangkaian sumber energi (catu daya) (Rusadi, 2013).

Lilitan sekunder adalah bagian transformator yang terhubung dengan rangkaian bebannya. Inti besi adalah bagian transformator yang bertujuan untuk mengarahkan keseluruhan flux magnet yang dari lilitan primer agar masuk ke lilitan sekunder. Kumparan transformator yang terhubung ke sumber daya dinamakan kumparan primer, sedangkan yang terhubung ke beban dinamakan kumparan sekunder, jika terdapat kumparan ketiga dinamakan kumparan tersier (Rusadi, 2013).

Trafo arus disebut juga alat yang digunakan untuk mengkonversi arus bolak-balik yang nilainya puluhan hingga ribuan ampere yang mengalir disisi primer, menjadi hanya 1 atau 5 ampere disisi kumparan sekunder untuk kebutuhan pengukuran dan proteksi (Kusmono, 2005). Pada kondisi ideal, dengan tidak memperhatikan rugi-rugi yang muncul pada kumparan sekunder dan primer, serta rugi-rugi yang muncul pada inti/core, maka besarnya arus sekunder yang dibangkitkan oleh fluk magnetik akan berbanding linier dengan ratio dari trafo arus tersebut dan memiliki sudut fasa yang sama.

Prinsip kerja sebuah trafo arus dapat digambarkan sebagai berikut:



Gambar 2.1 Prinsip Kerja Trafo Arus

Sumber: Penulis

Transformator arus juga digunakan untuk melakukan pengukuran besaran arus pada instalasi tenaga listrik disisi primer (Tegangan Ekstra Tinggi, Tegangan Tinggi dan Tegangan Menengah), yang berskala besar dengan melakukan transformasi dari besaran arus yang besar menjadi besaran arus yang kecil secara akurat dan teliti untuk keperluan pengukuran dan proteksi (PLN: 2009). Pada trafo arus (CT) secara fungsi dibedakan menjadi dua jenis, yaitu trafo arus pengukuran yaitu untuk metering, memiliki ketelitian tinggi pada daerah kerja (daerah pengenalnya) antara 5% hingga 120% arus nominalnya tergantung dari kelasnya dan tingkat kejenuhan relatif rendah dibandingkan dengan trafo arus untuk proteksi. Penggunaan pada trafo arus pengukuran untuk Amperemeter, Wattmeter, VARh-meter, dan $\cos \phi$ meter (PLN: 2009).

Trafo arus proteksi berguna untuk proteksi, memiliki ketelitian tinggi pada saat terjadi gangguan dimana arus yang mengalir beberapa kali dari arus pengenalnya dan tingkat kejenuhan cukup tinggi. Penggunaan trafo arus proteksi

untuk relai arus lebih (OCR dan GFR), relai beban lebih, relai differensial, relai daya dan relai jarak.

2.2. Transformator Tiga Fasa

Transformator 3 Fasa Transformator tenaga atau tiga fasa adalah suatu peralatan tenaga listrik yang berfungsi untuk menyalurkan daya atau energi listrik dari tegangan tinggi ke tegangan rendah atau sebaliknya (mentrasformasikan tegangan) dengan frekuensi yang tidak berubah (Hamzah: 1994). Transformator 3 fasa secara prinsip sama dengan sebuah transformator 1 fasa. Perbedaan mendasar adalah pada sistem yaitu sistem satu fasa dan tiga fasa, sehingga sebuah transformator tiga fasa dapat dihubung segitiga (wye), bintang (delta) atau zig-zag.

Transformator tiga fasa digunakan untuk sistem transmisi dan distribusi tenaga listrik karena pertimbangan agar lebih ekonomis. Transformator tiga fasa banyak sekali mengurangi berat dan lebar kerangka, sehingga harganya akan lebih murah bila dibandingkan dengan penggabungan tiga buah transformator satu fasa dengan rating daya yang sama. Tetapi transformator tiga fasa ini juga mempunyai beberapa kekurangan, salah satunya bila fasa mengalami kerusakan, maka seluruh transformator harus diganti atau dilakukan pengujian secara komprehensif, tetapi bila transformator terdiri dari tiga buah transformator satu fasa, bila salah satu fasa transformator mengalami kerusakan. Sistem masih bisa dioperasikan dengan sistem hubungan “open delta” (SNI: 1999).

Transformator merupakan peralatan listrik statis yaitu sebuah rangkaian magnetik yang terdiri dari dua belitan atau lebih, secara induksi elektromagnetik, mentransformasikan daya (arus dan tegangan) sistem AC (alternating current) ke sistem arus dan tegangan lain dengan frekuensi yang tetap. Transformator mempunyai prinsip induksi elektromagnetik yaitu hukum ampere dan induksi faraday, di mana dikatakan perubahan arus atau medan listrik dapat membangkitkan medan magnet serta perubahan medan magnet atau flux medan magnet dapat membangkitkan tegangan induksi (Kusmono, 2005).

Prinsip hukum elektromagnetik dan arus AC (alternating current) yang mengalir di belitan tegangan tinggi akan membangkitkan flux magnet yang kemudian mengalir melewati inti besi antara dua belitan, flux magnet ini menginduksikan kumparan tegangan rendah sehingga dalam ujung kumparan sekunder ini terdapat perbedaan potensial atau tegangan yang terinduksi. Konstruksi dan komponen transformator tiga fasa digunakan untuk sistem jaringan listrik yang berdaya besar, baik pada sistem pembangkitan, transmisi maupun distribusi. Konstruksi transformator tiga fasa yang mempunyai daya besar dalam bentuk potongan. Inti trafo berbentuk E-I dengan belitan primer dan sekunder pada semua kaki inti trafo. Terminal sisi tegangan tinggi (primer) tampak dari isolator 10 yang panjang. Terminal tegangan rendah (sekunder) dengan terminal lebih pendek. Trafo ditempatkan dalam rumah trafo yang diisi dengan minyak trafo yang berfungsi sebagai pendingin sekaligus isolasi (Kusmono, 2005).

Secara berkala minyak trafo diganti. Pendinginan rumah trafo disempurnakan dengan dipasang sirip pendingin agar panas mudah diserap oleh udara luar. Trafo tiga fasa bisa dibangun dari dua buah trafo satu fasa, atau tiga buah trafo satu fasa. Untuk trafo tiga fasa berukuran berdaya besar, dibangun dari tiga buah trafo satu fasa, tujuannya jika ada salah satu fasa yang rusak atau terbakar, maka trafo yang rusak tersebut dapat diganti dengan cepat dan praktis.

Transformator tiga fasa mempunyai enam kumparan. Tiga kumparan sisi primer dan tiga kumparan sisi sekunder. Kumparan primer diberikan nomor awal 1, kumparan 1U1-1U2 berarti primer fasa U. Kumparan sekunder yaitu 2U2 – 2U1. Kumparan primer atau sekunder dapat dihubungkan secara bintang atau segitiga. Secara umum sebuah transformator tiga fasa mempunyai konstruksi, yang menjadi pembedanya yaitu alat bantu dan sistem pengamanannya, tergantung pada letak pemasangan, sistem pendinginan, pengoperasian, fungsi dan pemakaiannya. Bagian utama, alat bantu, dan sistem pengaman yang ada pada sebuah transformator daya.

Konstruksi transformator tiga Fasa terdiri dari inti besi. Inti besi adalah tempat melekatnya kumparan dan berfungsi sebagai jalannya flux magnetik. Besi yang digunakan untuk inti transformator biasanya mempunyai kadar silikon yang tinggi dan diproses agar memiliki permeabilitas yang tinggi dan rugi-rugi histeris yang kecil pada operasi normal. Inti besi berfungsi untuk memperlancar flux yang dimunculkan oleh arus listrik yang melewati kumparan. Terbuat dari lempengan-

lempengan besi tipis yang berisolasi, untuk mengurangi panas sebagai rugi-rugi besi (eddy current).

Ada dua jenis inti yang biasanya digunakan pada trafo ada yang menggunakan inti ini adalah cara pemasangan kumparan primer dan sekundernya. Pada sistem tenaga listrik 3 fasa, idealnya daya listrik yang dibangkitkan, disalurkan dan diserap oleh beban semuanya seimbang, dan juga pada tegangan yang seimbang. Pada tegangan yang seimbang terdiri dari tegangan 1 fase yang mempunyai magnitude dan frekuensi yang sama tetapi antara 1 fase dengan yang lainnya mempunyai beda fase sebesar 120° listrik, sedangkan secara fisik mempunyai perbedaan sebesar 60° , dan dapat dihubungkan secara bintang (Y, wye) atau segitiga (delta, Δ , D).

2.3. Arus Listrik

Pada umumnya kabel adalah media penghantar arus listrik dari sumber tenaga listrik ke peralatan listrik, atau dari sumber tenaga listrik kepada peralatan listrik (Hutauruk, 1999). Sistem penghantar arus listrik yang lengkap terdiri dari empat unsur, yaitu pembangkit tenaga listrik, saluran transmisi, saluran distribusi dan pemakaian tenaga listrik atau beban. Prinsip kerja dalam sistem arus listrik dimulai dari pembangkit kemudian disalurkan melalui sistem jaringan transmisi menuju gardu induk dan dari gardu induk ini disalurkan kepada konsumen melalui saluran distribusi, atau konsumen mendapat pelayanan langsung dari saluran transmisi biasanya konsumen ini membutuhkan tegangan yang besar dan daya yang besara pula.

Pada sistem penghantar arus listrik terdapat pembangkit tenaga listrik yaitu salah satu bagian sistem tenaga listrik, pada pembangkit listrik terdapat peralatan elektrikal, mekanikal, dan bangunan kerja (Hartono, 2015). Terdapat komponen-komponen utama pembangkit yaitu generator, turbin yang berfungsi untuk mengkonversi energi (potensial) mekanik menjadi energi (potensial) listrik (Hartono, 2015). Tegangan yang keluar dari generator harus dinaikkan lebih dahulu guna mengurangi jumlah arus yang mengalir pada saluran transmisi, dengan arus rendah yang mengalir pada saluran transmisi maka dapat mengurangi daya.

Guna menghantarkan arus listrik diperlukan saluran transmisi yang merupakan media yang digunakan untuk mentransmisikan arus listrik dari generator station/ pembangkit listrik sampai pada saluran distribusi hingga pada konsumen pengguna listrik. Tenaga listrik ditransmisikan oleh suatu bahan konduktor yang mengalirkan arus listrik berdasarkan kategori saluran transmisi (Suhadi, 2008). Saluran transmisi dapat dibedakan menjadi dua kategori berdasarkan konstruksinya, yaitu saluran udara (*overhead line*) dan saluran bawah tanah (*underground*). Sistem saluran udara menyalurkan tenaga listrik melalui penghantar-penghantar yang digantungkan pada tiang-tiang transmisi dengan perantara isolator-isolator, sedangkan sistem saluran transmisi bawah tanah menyalurkan tenaga listrik melalui kabel-kabel bawah tanah (Lagolan, 2012).

Kedua penghantar tenaga listrik ini mempunyai kelebihan dan kekurangan masing-masing. Saluran transmisi udara yang sangat rentan terjadinya gangguan atau kerusakan yang diakibatkan pengaruh cuaca seperti hujan, petir, dan lain

sebagainya. Saluran udara sendiri kurang baik karena dapat mengganggu lingkungan dan pemandangan akibat tiang-tiang dari saluran transmisi udara. Adapun kelebihan nya adalah perbaikan lebih mudah jika terjadi kerusakan yang diakibatkan oleh gangguan. Sedangkan saluran transmisi bawah tanah memiliki kelebihan tidak terpengaruh oleh perubahan cuaca seperti angin kencang, petir, dan lain sebagainya. Saluran transmisi bawah tanah juga lebih estetik karena tidak mengganggu lingkungan dan pandangan. Kekurangan dari saluran transmisi bawah tanah adalah biaya pembangunannya yang lebih mahal dibanding saluran udara dan perbaikannya lebih sulit apabila terjadi gangguan (Lagolan , 2012).

Pada saluran transmisi dapat menyalurkan arus listrik dengan beberapa tegangan nominal. Berdasarkan dokumen IEC (International Electrotechnical Commission) 60038, tegangan transmisi dapat dikelompokkan menjadi tegangan menengah (1KV-35KV), tegangan tinggi (35KV-230KV), tegangan ekstra tinggi (230KV-800KV), dan tegangan ultra tinggi (di atas 800KV). Pada penyaluran arus listrik terdapat tegangan yang dibangkitkan oleh generator yang harus dinaikan dengan trafo daya *step up* hingga ratusan kilovolt, yang bertujuan untuk mengurangi jumlah arus yang mengalir pada saluran transmisi, sehingga kerugian daya dapat dikurangi dan semua peralatan yang terpasang sesudah trafo (sisi sekunder) harus mampu memikul tegangan yang tinggi (Sulasno, 2010).

Tegangan pada saluran transmisi dapat mencapai puluhan sampai ratusan kilo volt, sehingga diantara transmisi dan konsumen dibutuhkan trafo daya *step*

down. Trafo-trafo daya ini bersama perlengkapan-perengkapannya disebut gardu induk.

Sistem distribusi arus listrik adalah bagian dari sistem perlengkapan elektrik antara daya besar (*bulk power source*, BPS) dan peralatan hubung pelanggan (*customers service switches*). Selain itu, suatu sistem distribusi biasanya tersusun atas beberapa peralatan maupun komponen pendukung lainnya seperti gardu induk distribusi, sistem sub-transmisi, feeder dan trafo distribusi, maupun layanan pelanggan (Logahan, 2012). Pada penyaluran sistem distribusi arus listrik sangat memperhatikan kualitas pelayanan yang terpadu dan memadai. Faktor yang dapat menentukan kualitas pelayanan tersebut yaitu seperti kemampuan sistem distribusi dalam menyalurkan energi listrik kepada pelanggan secara kontiniu, dengan tingkat frekuensi gangguan seminimal mungkin.

Adapun kontinuitas penyaluran sistem distribusi erat kaitannya dengan konfigurasi jaringan, serta komponen tegangan menengah yang terpasang pada jaringan. Selain itu, agar fungsi jaringan distribusi dapat berjalan dengan baik maka diperlukan upaya untuk menanggulangi gangguan yang sering terjadi pada jaringan distribusi dengan cepat, efisien, dan dalam waktu yang singkat. Maka unsur tersebut dapat berpengaruh terhadap tingkat kehandalan sistem distribusi dalam menyalurkan arus listrik yang berkualitas. Sistem jaringan distribusi arus listrik dibedakan menjadi 2 sistem yaitu sistem jaringan distribusi primer (jaringan distribusi tegangan menengah) dan sistem jaringan distribusi sekunder (jaringan distribusi tegangan rendah).

Kedua sistem distribusi tersebut dibedakan berdasarkan tegangan kerjanya. Pada umumnya tegangan kerja pada sistem distribusi primer adalah 6 KV atau 20 KV, sedangkan tegangan kerja pada sistem distribusi sekunder 380 V atau 220 V. Jaringan distribusi primer merupakan suatu jaringan yang terletak sebelum gardu distribusi berfungsi menyalurkan arus listrik bertegangan menengah. Pada sistem ini menggunakan saluran penghantar tiga fasa dengan jumlah tiga hingga empat kawat.

Hantaran yang digunakan dapat berupa kabel dalam tanah atau kawat udara yang menghubungkan gardu induk (sekunder trafo) dengan gardu distribusi atau gardu hubung (sisi primer gardu distribusi). Tegangan pada sistem distribusi primer diperoleh dari proses menurunkan level tegangan dari tingkat tegangan transmisi. Langkah yang dilakukan di gardu induk (GI), dimana tegangan diturunkan ke tegangan yang lebih rendah dari tegangan 500 KV menjadi 150 KV, penurunan ini bisa juga dari level 500 KV menjadi 70 KV. Tegangan yang sudah diturunkan di gardu induk selanjutnya diturunkan kembali dari tegangan 150 KV menjadi 20 KV atau dari tegangan 70 KV menjadi 20 KV (Saodah, 2008).

Kawat penghantar adalah suatu bahan listrik yang dipergunakan untuk mengalirkan arus listrik. Oleh karena itu sifat terpenting yang harus dimiliki oleh kawat penghantar adalah konduktivitas listrik yang baik dan sifat tahan panas yang tinggi. Pada saluran transmisi udara kawat penghantar yang digunakan adalah kawat telanjang (*bare wire*). Berbagai macam jenis penghantar saluran transmisi udara dapat dikenal dari lambang-lambang berikut ini:

- a. AAC (*All-Aluminium Conductor*) yaitu kawat penghantar yang seluruhnya terbuat dari aluminium.
- b. AAAC (*All-Aluminium-Alloy Conductor*) yaitu kawat penghantar yang seluruhnya terbuat dari campuran aluminium.
- c. ACSR (*Aluminium Conductor Steel Reinforced*) yaitu kawat penghantar aluminium yang diperkuat dengan baja.
- d. ACAR (*Aluminium Conductor Alloy Reinforced*) yaitu kawat penghantar aluminium yang diperkuat dengan logam campuran.

Kawat penghantar aluminium dengan kandungan zirkonium (Zr) dapat meningkatkan sifat tahan panas sehingga dapat menaikkan kemampuan hantar arus pada jaringan transmisi atau distribusi. Secara spesifik sifat tahan panas dinyatakan sebagai ketahanan terhadap pelunakan (*annealing*) dan pemuluran (*creep*). Fukui (Kusmono dan Samsudin, 2005) melaporkan bahwa titanium, niobium dan zirkonium meningkatkan kekuatan pemuluran dan keuletan pada paduan, karena unsur tersebut membentuk titanium karbida, niobium karbida dan zirkonium karbida yang relatif stabil pada temperatur tinggi. Karbida-karbida tersebut berfungsi sebagai penghambat pergerakan dislokasi sehingga paduan menjadi tetap stabil kekuatannya meskipun beroperasi pada temperatur tinggi. Dengan kata lain bahwa kawat penghantar tidak mengalami penurunan kekuatan / degradasi yang berarti bila dioperasikan pada temperatur tinggi.

Kawat penghantar aluminium tahan panas ini dikenal dengan sebutan TAL (*Thermal Resistance Aluminium Alloy*). Kawat TAL yang sering disebut TACSR

ini dapat beroperasi secara kontinyu sampai dengan temperatur 150°C sedangkan kawat penghantar yang menggunakan bahan aluminium dari jenis EC *grade* hanya dapat dioperasikan sampai temperatur 90°C.

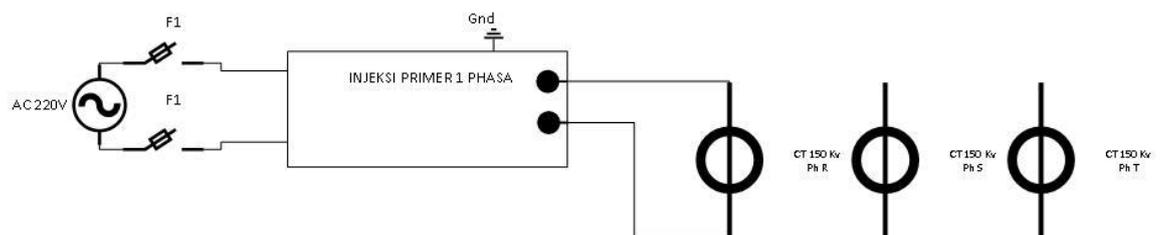
Sebagian besar jalur transmisi dalam sistem kelistrikan memanfaatkan *all aluminium cable* (AAC), *aluminium-alloy* (AAAC) atau *steelrein forced aluminum conductors* (ACSR). Aluminium digunakan karena mempunyai konduktivitas yang tinggi dan ringan. Baja ditambahkan dalam ACSR untuk memberi kekuatan ekstra dan ketahanan terhadap andongan. Aluminium digunakan dalam konstruksi konduktor konvensional memberikan sebagian besar kekuatan pada konduktor. Dalam rangka memberikan kekuatan yang memadai, aluminium melakukan pengerjaan dingin (*cold working*) untuk meningkatkan kekuatan fisik.

Mengoperasikan saluran transmisi pada batas arus maksimalnya dapat menyebabkan pemanasan signifikan pada konduktor tersebut. Pemanasan pada konduktor dapat meningkatkan andongan konduktor tersebut secara signifikan. ketika andongan sudah mencapai batas maksimal yang diperbolehkan, maka konduktor harus dibatasi panjang bentangannya atau dengan menambah ketinggian dari stuktur tiang yang digunakan. Konduktor konvensional juga mungkin dibatasi oleh pada besarnya temperatur operasi, dimana jika konduktor beroperasi pada batas temperatur maksimum yang diperbolehkan akan mengurangi keandalan dari konduktor tersebut (Slegers, 2011).

2.4. Primeri Current Injection 3 Fasa

Alat injeksi arus satu fasa saat ini masih memiliki kekurangan saat melakukan injeksi arus pada sistem tiga fasa yaitu memerlukan durasi yang lebih lama dan belum dapat memonitor hubungan sudut fasa pada proses pengujiannya. Dengan alat injeksi primer arus tiga fasa yaitu PCI 300 instalasi tegangan tinggi gardu induk dapat meningkatkan kualitas pemeliharaan dalam sistem penyaluran tiga fasa.

PCI 300 adalah alat uji yang mampu menginjeksi arus tiga fasa dalam waktu bersamaan. Alat ini membutuhkan suply daya tegangan 220V AC sebagai sumber, dengan menginjeksi arus tiga fasa dalam waktu bersamaan. Injeksi primer dilakukan untuk memeriksa unjuk kerja transformator arus, baik sebagai peralatan secara individual maupun sebagai bagian dari suatu sistem kontrol, proteksi dan pengukuran. PCI digunakan dengan menginjeksikan arus pada sisi primer transformator arus setiap fasa dan arus sekunder dimonitor pada setiap rangkaian meter dan relai pengaman pada tiap fasanya. Pengujian ini dilakukan sampai relai bekerja, mentriapkan pemutus tenaga dan dicatat setiap indikasi yang muncul pada panel kontrol.



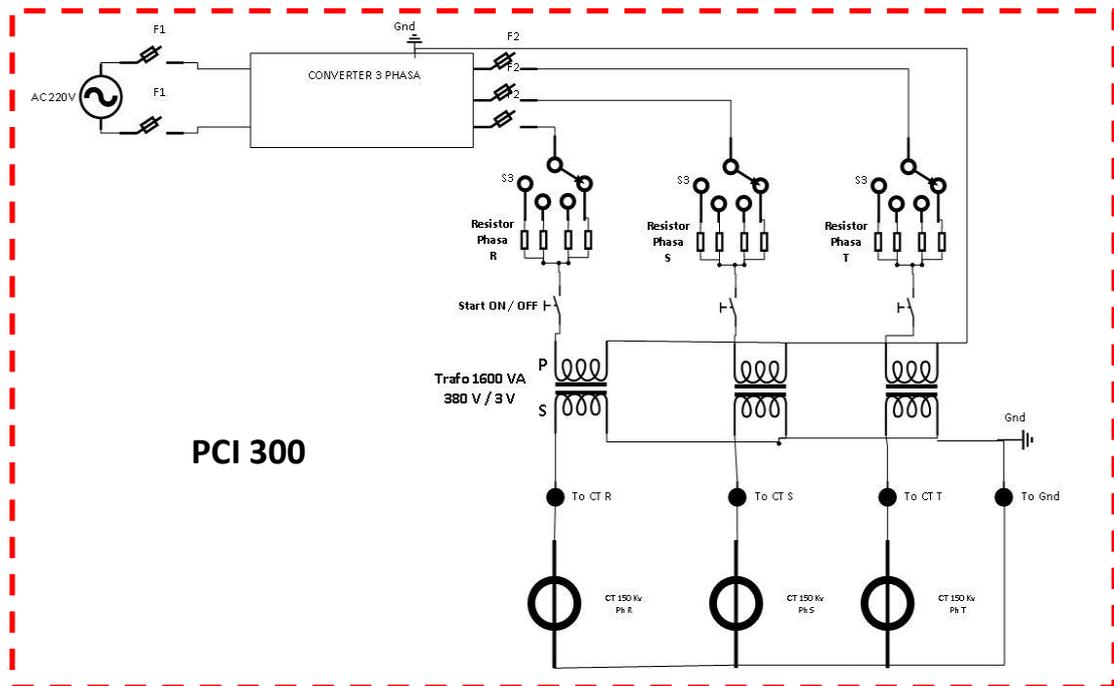
Gambar 2.2. Injeksi Primer 1 Fasa

Sumber: Penulis

Kesalahan sudut phasa adalah kesalahan akibat pergeseran antara arus sisi primer dengan arus sisi sekunder. Kesalahan sudut phasa akan memberikan pengaruh pada pengukuran berhubungan dengan besaran arus dan tegangan, misalnya pada pengukuran daya aktif maupun daya reaktif, pengukuran energi dan relai arah. Pemeriksaan ini umumnya dilakukan pada saat komisioning atau saat investigasi.

Pekerjaan pemeliharaan yang memerlukan kondisi aktual operasional sistem tiga phasa, *PCI 300* sebagai alat injeksi primer arus secara tiga fasa memberi kondisi pengujian yang lebih aktual yang membantu dalam proses seperti:

1. Pekerjaan penggantian CT
2. Pengujian injeksi primer peralatan baru
3. Pengujian polaritas sekunder CT.



Gambar 2.3. Injeksi Primer 3 Fasa dengan PCI 300

Sumber: Penulis

PCI 300 adalah alat uji yang digunakan untuk menginjeksi arus tiga fasa dalam waktu bersamaan. Alat ini membutuhkan suply daya tegangan 220V AC sebagai sumber, dengan menginjeksi arus tiga fasa dalam waktu bersamaan. Injeksi primer dilakukan untuk memeriksa unjuk kerja transformator arus, baik sebagai peralatan secara individual maupun sebagai bagian dari suatu sistem kontrol, proteksi dan pengukuran. PCI digunakan dengan menginjeksikan arus pada sisi primer transformator arus setiap fasa dan arus sekunder dimonitor pada setiap rangkaian meter dan relai pengaman pada tiap fasanya. Pengujian ini dilakukan sampai relai bekerja, mentripkan pemutus tenaga dan dicatat setiap indikasi yang muncul pada panel kontrol. Adapun alat yang digunakan untuk menginjeksi arus tiga fasa dengan PCI 300 pada transformator arus, agar hasil yang diperoleh bersamaan adalah:



Gambar 2.4. PCI 300

Sumber: Penulis

Fungsi dan cara kerja PCI 300 tidak jauh berbeda dengan alat uji injeksi lainnya. Perbedaan mendasar terletak pada out-put PCI 300 yang mampu menghasilkan arus 3 fasa. Perbedaan lainnya antara PCI 300 dengan alat injeksi primer lainnya adalah:

Tabel 2.1. Perbedaan PCI 300 dan Alat Uji Injeksi Primer Lain

No	PCI 300	CPC 100
1	Menggunakan Power Supply 220 VAC	Menggunakan Power Supply 220 VAC
2	Up to 300 Ampere AC	Up to 800 A AC

3	Pengujian membutuhkan waktu 15 menit	Pengujian membutuhkan waktu 30 menit untuk 3 fasa
4	Mampu menginjeksi arus AC 3 fasa	Mampu menghasilkan arus AC 1 fasa
5	Dapat menganalisa sudut antar fasa di peralatan proteksi	Tidak dapat menganalisa sudut antar fasa di peralatan proteksi

BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1. Jenis dan Pendekatan Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan oleh peneliti adalah penelitian kualitatif deskriptif, peneliti akan menggambarkan tentang kerja Primeri Current Injection 3 phasa pada Current Transformer PT PLN (Persero) unit layanan transmisi dan gardu induk Binjai. Metode kualitatif sebagai prosedur penelitian yang menghasilkan data deskriptif berupa kata-kata tertulis atau lisan dari orang-orang dan perilaku yang dapat diamati. Peneliti tidak diwajibkan membentuk teori-teori tertentu terlebih dahulu mengenai aspek yang ditelitinya, tetapi ia dapat memusatkan perhatiannya kepada peristiwa-peristiwa alamiah sebagaimana adanya sesuai data yang ditentukan.

3.2. Lokasi dan Waktu Penelitian

Lokasi penelitian dilaksanakan di PT PLN ULTG Binjai yang menggunakan alat PCI 3 phasa tentang kerja Primeri Current Injection 3 phasa pada Current Transformer PT PLN (Persero) unit layanan transmisi dan gardu induk Binjai. Waktu penelitian yang akan peneliti pergunakan dalam penyusunan skripsi ini diperkirakan mulai dari bulan Januari hingga Juni 2021.

3.3. Informan Penelitian

Adapun yang menjadi informan dalam penelitian ini yaitu pimpinan, kepala cabang, mekanik, dan informan penting yang nantinya peneliti butuhkan untuk mendapatkan data pada PT. PLN ULTG Binjai.

3.4. Sumber dan Jenis Data

Sumber data utama dalam penelitian kualitatif ialah kata-kata dan tindakan, selebihnya adalah data tambahan seperti dokumen dan lain-lain. Dari penjelasan tersebut maka sumber data dapat dibagi menjadi 2 (dua) bagian:

- a. Data primer, sumber data primer dalam penelitian ini adalah seluruh data yang didapat langsung dari informan sebagai sumber pertama yang berupa wawancara kepada informan di Kantor PLN ULTG Binjai baik pimpinan, mekanik, dan informan penting yang nantinya peneliti butuhkan untuk mendapatkan data tentang kinerja alat PCI 300.
- b. Data sekunder, data sekunder adalah data pendukung atau data tambahan dalam penelitian ini yang diperoleh dari sumber tertulis seperti dokumen, buku-buku, dan juga data statistik yang berkaitan dengan penelitian ini.

3.5. Teknik Pengumpulan Data

Untuk mendapatkan data yang diperlukan dalam penelitian ini, peneliti menggunakan instrumen pengumpulan data sebagaimana yang dipergunakan pada setiap penelitian lapangan. Teknik pengumpulan data dalam penelitian ini yang berhubungan dengan teknik pengumpulan data kualitatif yang terdiri dari wawancara, studi dokumen, dan observasi.

Bentuk wawancara yang digunakan tidak terstruktur, yaitu pedoman wawancara yang hanya memuat garis-garis besar yang akan ditanyakan kepada informan ketika di lapangan. Peneliti dapat mengembangkan pertanyaan-pertanyaan dimaksud demi untuk menggali data lebih dalam tentang kinerja alat

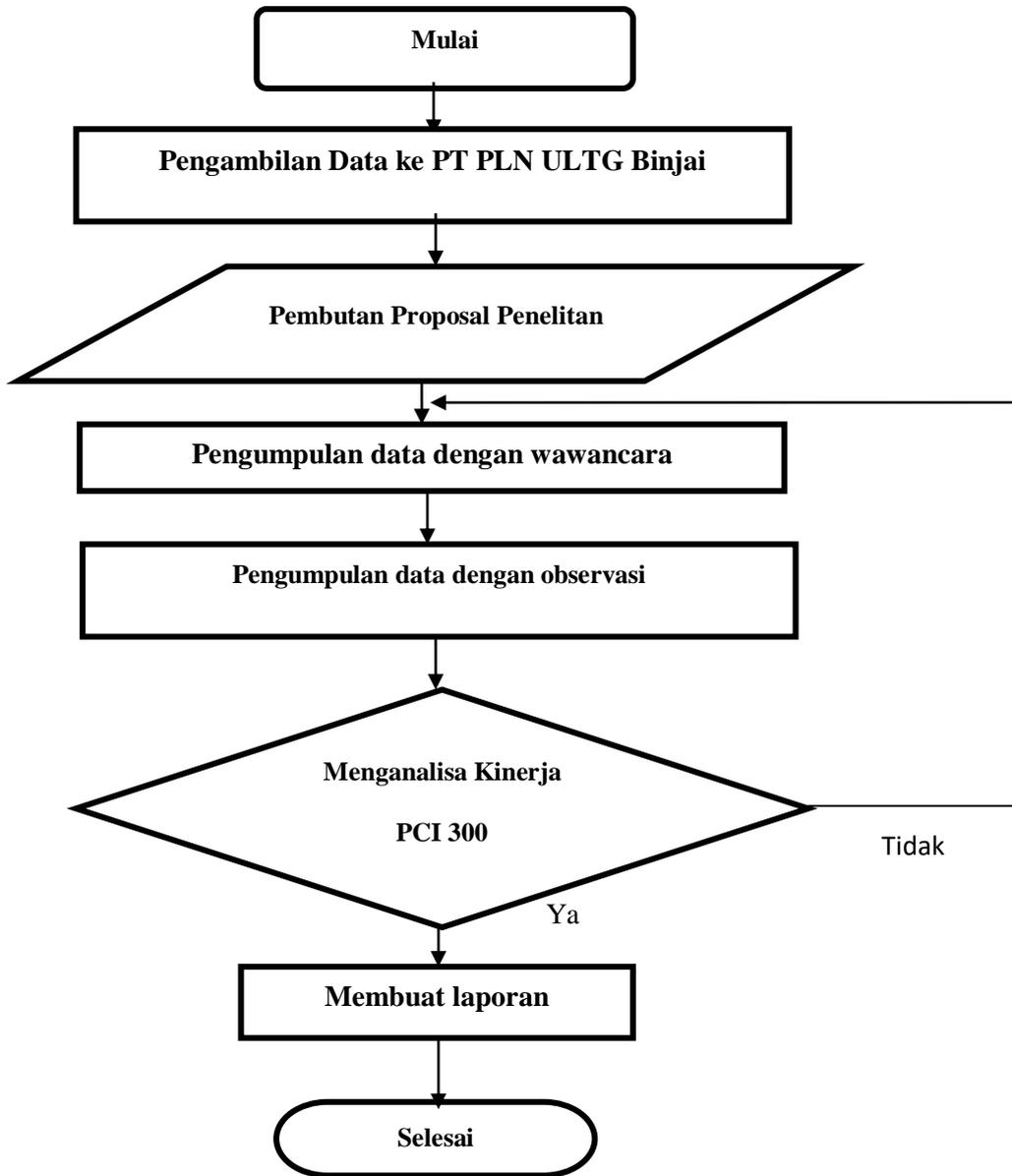
PCI 3 phasa pada PT PLN ULTG Binjai. Wawancara merupakan suatu teknik pengumpulan data dengan melakukan tanya jawab dengan beberapa pegawai PLN ULTG Binjai maupun dengan pimpinan yang bertanggung jawab untuk memberikan keterangan yang berhubungan dengan penelitian.

Library Research, yaitu menganalisa literatur-literatur yang ada kaitannya dan didalamnya terdapat data-data yang diperlukan untuk penelitian ini yang berkenaan dengan teori dan permasalahan. Observasi, yaitu mengamati langsung ke lapangan tentang kinerja alat PCI 3 phasa pada PT PLN ULTG Binjai.

3.6. Teknik Analisis Data

Setelah data, informasi dan keterangan terkait sudah terkumpul, maka penelitian ini dioalah sesuai dengan metodologi dan teknik analisis data yang ada. Adapun data penelitian ini bersifat kualitatif, dimana sumber data utamanya adalah kata-kata dan tindakan. Kata-kata dan tindakan tersebut berasal dari orang-orang yang menjadi objek dalam penelitian ini.

Guna mengolah hasil penelitian ini tentulah menggunakan prosedur penelitian kualitatif, yakni dengan menjelaskan atau memaparkan hasil penelitian ini sesuai data yang ada dan menarik kesimpulan dengan menggunakan metode induktif. Sementara proses analisis data yang digunakan adalah metode perbandingan tetap. Dinamakan metode perbandingan tetap atau *constant comparative method* karena dalam analisa data, secara tetap membandingkan satu data dengan data yang lain. Setelah data berhasil dikumpulkan, penulis membuat sebuah tahapan penelitian. Berikut adalah langkah-langkah yang peneliti lakukan:



Gambar. 3.1. Flowcart

BAB 4

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Penelitian

4.1.1. Teknik Penggunaan PCI 3 Pasa

Pada sistem tenaga listrik 3 pasa, idealnya daya listrik yang dibangkitkan, disalurkan dan diserap oleh beban yang seimbang, pemakain, dan juga pada tegangan yang seimbang pula. Pada tegangan yang seimbang terdiri dari tegangan 1 pasa yang mempunyai magnitude dan frekuensi yang sama tetapi antara 1 pasa dengan yang lainnya mempunyai beda pasa sebesar 120° listrik, sedangkan secara fisik mempunyai perbedaan sebesar 60° , sehingga dapat dihubungkan dengan bentuk segitiga. Apabila fasor-fasor tegangan berputar dengan kecepatan sudut dan dengan arah berlawanan jarum jam (arah positif), maka nilai maksimum positif dari pasa terjadi berturut-turut untuk pasa 1, 2 dan 3.

Sistem 3 pasa dikenal sebagai sistem yang mempunyai urutan pasa ABC. sistem tegangan 3 pasa dibangkitkan oleh generator sinkron 3 pasa. Pada ujung-ujung tiap pasa dihubungkan menjadi satu dan menjadi titik netral atau titik bintang. Tegangan antara dua terminal dari tiga terminal ABC mempunyai besar magnitude dan beda pasa yang berbeda dengan tegangan tiap terminal terhadap titik netral. Tegangan ABC disebut tegangan “pasa”. Melalui saluran atau titik netral maka besaran tegangan pasa dihitung terhadap saluran atau titik netralnya, sehingga membentuk sistem tegangan 3 pasa yang seimbang dengan magnitudenya.

Sementara untuk arus yang mengalir pada semua fasa mempunyai nilai yang sama. Dimana hubungan segitiga pada ketiga fasa saling dihubungkan sehingga membentuk hubungan segitiga 3 fasa. Dimana tidak adanya titik netral, maka besarnya tegangan saluran dihitung antar fasa, karena tegangan saluran dan tegangan fasa mempunyai besar magnitude yang sama. Akan tetapi arus saluran dan arus fasa tidak sama dan hubungan antara kedua arus tersebut.

Jumlah daya yang diberikan oleh suatu generator 3 fasa atau daya yang diserap oleh beban 3 fasa, diperoleh dengan menjumlahkan daya dari tiap-tiap fasa. Pada sistem yang seimbang, daya total tersebut sama dengan tiga kali daya fasa, karena daya pada tiap-tiap fasanya sama. Apabila sudut antara arus dan tegangan adalah sebesar 0, maka besarnya daya setiap fasa juga 0, sedangkan besarnya total daya adalah penjumlahan dari besarnya daya tiap fasa. Besarnya daya pada kedua jenis hubungan adalah sama, yang membedakan hanya pada tegangan kerja dan arus yang mengalirinya saja, dan berlaku pada kondisi beban yang seimbang.

Sifat terpenting dari pembebanan yang seimbang adalah jumlah fasor dari ketiga tegangan adalah sama dengan nol, begitu pula dengan jumlah fasor dari arus pada ketiga fasa juga sama dengan nol. Jika impedansi beban dari ketiga fasa tidak sama, maka jumlah fasor dan arus netralnya tidak sama dengan nol dan beban dikatakan tidak seimbang. Ketidak seimbangan beban ini dapat saja terjadi karena hubung singkat atau hubung terbuka pada beban. Pada sistem 3 fasa ada 2 jenis ketidak seimbangan, yaitu ketidak seimbangan pada beban, ketidak

seimbangan pada sumber listrik (sumber daya). Kombinasi dari kedua ketidakseimbangan sangatlah rumit untuk mencari pemecahannya. Ketidakseimbangan beban pada sistem 3 fasa dapat diketahui dengan indikasi naiknya arus pada salah satu fasa dengan tidak wajar, arus pada tiap fasa mempunyai perbedaan yang cukup signifikan, hal ini dapat menyebabkan kerusakan pada peralatan.

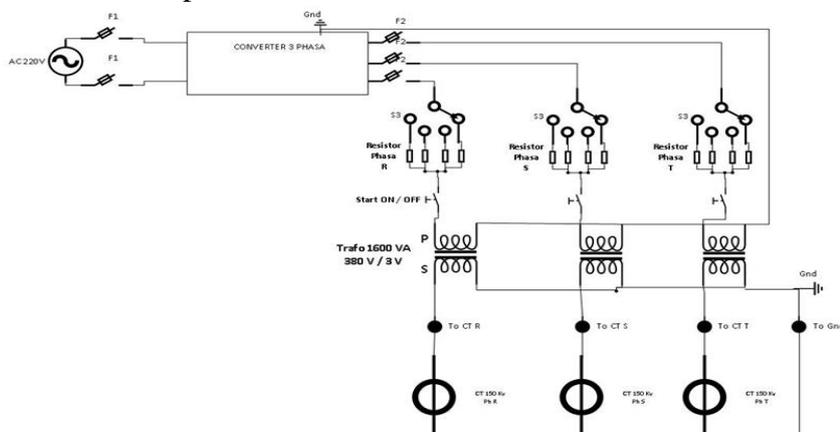
Pada rangkaian 3 fasa terdapat dua jenis hubungan yakni hubung bintang dan hubung delta. Rangkaian 3 fasa hubungan delta menggunakan 3 kawat yakni kawat 3 fasa sedangkan pada rangkaian 3 fasa hubung bintang menggunakan 4 kawat, 3 kawat untuk fasa dan 1 kawat untuk netral. Arus netral pada rangkaian hubung bintang merupakan titik hubung antar ketiga fasanya. Arus netral merupakan penjumlahan arus ketiga fasanya karena jalur netral tersebut dilalui oleh ketiga fasa yang ada. Arus netral muncul akibat pembebanan yang tidak seimbang. Pada penelitian ini, peneliti menggunakan hubungan bintang dengan menggunakan 4 kawat.

PCI 3 menjadi alat uji yang mampu menginjeksi arus tiga fasa dalam waktu bersamaan. Alat ini membutuhkan supply daya tegangan 220V AC sebagai sumber tenaga, dengan menginjeksi arus tiga fasa dalam waktu bersamaan. Injeksi primer dilakukan untuk memeriksa unjuk kerja transformator arus, baik sebagai peralatan secara individual maupun sebagai bagian dari suatu sistem kontrol, proteksi, dan pengukuran. PCI digunakan dengan menginjeksikan arus

pada sisi primer transformator arus setiap pаса dan arus sekunder dimonitor pada setiap rangkaian meter dan relai pengaman pada tiap fasanya.

Alat injeksi yang masih lazim digunakan pada PT PLN Persero adalah injeksi arus satu pаса. Hemat peneliti alat injeksi satu fasa masih memiliki kekurangan saat melakukan injeksi arus pada sistem tiga fasa yaitu memerlukan durasi yang lebih lama dan belum dapat memonitor hubungan sudut pаса pada proses. Melalui alat injeksi primer arus tiga pаса yaitu PCI 300 instalasi tegangan tinggi gardu induk dapat meningkatkan kualitas pemeliharaan dalam sistem penyaluran tiga pаса.

Penggunaan PCI 3 dilakukan dengan relai, sehingga relai dapat bekerja, mentriapkan pemutus tenaga setiap indikasi yang muncul pada panel kontrol. PCI 3 pаса ini proses hampir sama dengan PCI 1 pаса, namun bedanya input dan output dari PCI 3 pаса masing-masing berjumlah 3 buah yaitu pаса R, S dan T. Setelah melalui proses kondisi ketiga buah PCI 3 pаса akan bekerja kemudian akan memberikan hasil pada monitor.



Gambar 4.1.
Teknik Penggunaan PCI 3 Pаса

Sumber: Peneliti

4.1.2. Kinerja PCI 3 Pasa

PCI 3 pasa sistem kerjanya hampir sama dengan PCI 1 phasa, namun bedanya input dan out put dari PCI 3 pasa masing-masing berjumlah 3 buah yaitu pasa R, S dan T. Setelah melalui proses PCI 3 pasa dalam alat ini dinyatakan baik. Rangkaian PCI 3 pasa memiliki fungsi untuk mengurangi jumlah arus start saat mesin listrik dihidupkan untuk pertama kalinya. Karena fungsinya juga, sebagai rangkaian pada sistem kelistrikan. Lonjakan arus listrik saat melakukan start terdapat dikurangi dengan memakai rangkain PCI 3. Rangkaian ini memiliki prinsip kerja dengan memuat star awal dengan tegangan kecil. Caranya yaitu dengan menghubungkannya dengan star. Selanjutnya, setelah mesin berfungsi dan arus menurun, timer-pun akan melakukan tugasnya yaitu memindahkan secara otomatis rangkain menjadi delta. Oleh sebab itu, arus yang mengalir sedikit demi sedikit menjadi normal.

Efisiensi PCI 3 pasa merupakan energi listrik menjadi energi mekanik yang dinyatakan sebagai perbandingan antara daya keluaran dan daya masukan. Injeksi primer arus PCI 300 adalah alat injeksi primer arus 3 phasa pada CT dengan kondisi rangkaian sekunder terpasang ke peralatan metering dan proteksi. Penggunaan dilakukan dengan menginjeksikan arus pada sisi primer transformator arus setiap pasa dan arus sekunder dimonitor pada setiap rangkaian meter dan relai pengaman pada tiap pasanya. PCI 3 pasa ini diaktifkan sampai relai bekerja, mentriapkan pemutus tenaga dan memantau setiap indikasi yang muncul pada panel kontrol. Cara kerja PCI 300 tidak jauh berbeda dengan alat uji injeksi

lainnya. Perbedaan mendasar terletak pada out put PCI 300 yang mampu menghasilkan arus 3 pasa.

Kinerja lainnya dari PCI 3 pasa berbeda dengan injeksi lainnya, terutama injeksi yang digunakan di PLN persero Binjai yang masih menggunakan CPC 1. Berdasarkan hasil penelitian yang peneliti temukan perbedaan kinerja PCI 3 dengan CPC 1 dapat dilihat pada table berikut ini:

Tabel 4.1
Perbandingan PCI 300 dan Alat Uji Injeksi Primer Lain

No	PCI 300	CPC 100
1	Menggunakan Power Supply 220 VAC	Menggunakan Power Supply 220 VAC
2	Up to 300 Ampere AC	Up to 800 A AC
3	Pengujian membutuhkan waktu 15 menit	Pengujian membutuhkan waktu 30 menit untuk 3 phasa
4	Mampu menginjeksi arus AC 3 fasa	Mampu menghasilkan arus AC 1 fasa
5	Dapat menganalisa sudut antar fasa di peralatan proteksi	Tidak dapat menganalisa sudut antar fasa di peralatan proteksi

Sumber: Peneliti

Kinerja PCI 3 memiliki berbagai macam keunggulan dalam kinerja. Keunggulan kinerja lainnya dari PCI 3 berdasarkan hasil penelitian yang peneliti lakukan, maka peneliti melakukan beberapa pengujian untuk mengetahui kinerja dari PCI 3 berdasarkan kualitas arus injeksi tiga pasa, maka hasil penelitian yang dapat diperoleh berdasarkan pengujian antara lain:

1. Mengukur Kesamaan Arus Keluar

Hasil pengukuran dengan PCI 3 pada tiga pisa dengan tang amper pada nilai ketidak seimbangan kecil, dan pada nilai ketidak seimbangan yang di perbesar, hasil pengukuran tiga pisa meningkat, demikian pula pada pembebanan induktif. Berdasarkan hasil analisis yang dilakukan dengan membandingkan rentang nilai hasil pengukuran dengan menggunakan tiga pisa, terjadi rentang tidak berpotongan, menunjukkan bahwa nilai 3 pisa lebih besar dari nilai normal, kemudian kedua nilai mendekati satu rentang terhadap rentang yang lainnya.

Rentang hasil pengukuran dengan 3 pisa pada nilai ketidak seimbangan nol, maka dapat disimpulkan bahwa semakin besar nilai ketidak seimbangan sampai lepas salah satu pasanya, hasil pengukuran dengan menggunakan kedua alat bergerak hingga sama dan benar-benar identik pada lepasnya kedua pisa atau hanya satu pisa yang terukur karena daya yang melalui PCI 3 pisa benar-benar identik.



Gambar 4.2.
Mengukur Kesamaan Arus Keluar
Sumber: Penulis

Hasil pengamatan terhadap arus keluar yang peneliti lakukan dalam pengukuran menggunakan PCI 3 dapat peneliti paparkan pada bagan berikut ini

Tabel 4.2

Hasil Pengukuran Arus Keluar Menggunakan PCI 300

NO	SWITCH NUMBER	TAPPING ARUS (Ampere)	ARUS KELUARAN (Ampere)		
			Phasa R	Phasa S	Phasa T
1	Tahap 1	30	33,4	32,6	32,6
2	Tahap 2	60	59,8	58,2	58,7
3	Tahap 3	100	99,8	97,5	97,5
4	Tahap 4	150	146	141,3	141,4
5	Tahap 5	200	197	192,5	194
6	Max	300	289	282	286

Sumber: Penulis

2. Pengukuran Sudut Tiga Pasa

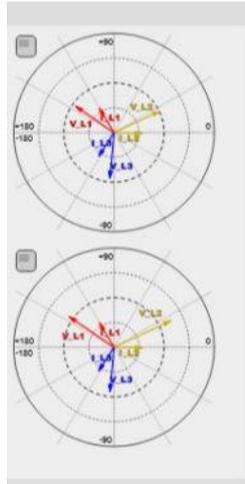
Pengukuran sudut tiga pasa yang peneliti lakukan guna menguji injeksi primer terhadap CT 20KV dengan rasio :1000/5, pengurun dilakukan dengan menggunakan relay proteksi sebagai pengukuran sudut ketiga fasa. Beban keadaan seimbang adalah suatu keadaan yang dimana ketiga vector arus dan tegangan sama besar atau ketika ketiga vector tersebut saling membentuk sudut 120°. Sedangkan ketidak seimbangan dimana keadaan salah satu atau kedua syarat keadaan seimbang tidak terpenuhi, Ketidak seimbangan beban pada sistem distribusi tenaga listrik saat keadaan kerja normal dapat mengakibatkan arus yang

mengalir pada penghantar netral transformator distribusi, hal ini terjadi karena perbedaan arus dan tegangan pada pisa R, S dan T.

Data yang peneliti peroleh dengan cara melakukan pengukuran pada transformator distribusi 2500 KVA dengan belitan bintang menggunakan alat power quality analyzer, adapun data yang diperoleh pada saat melakukan pengukuran yaitu tegangan dan arus line to netral serta sudut hasil pengukuran per pisa R, S dan T, dimana daya aktif, daya reaktif dan daya semu. Perhitungan total daya yang disalurkan pada transformator distribusi KVA menggunakan metode komponen simetris.

Hasil pengamatan peneliti ketidak seimbangan arus pada sudut tiga pisa disebabkan oleh salah satu pisa dibandingkan dengan dua pisa lainnya, sehingga menghasilkan kemungkinan urutan denyut sebagai fungsi waktu. Ternyata bahwa ada tiga urutan hubungan yang berpadanan dengan urutan T-S-R dan tiga lain berpadanan dengan urutan T-S-R. Hasil pengamatan tersebut menunjukkan cahaya berjalan yang ditampilkan oleh D22, D23 dan D24, yang disusun membentuk segitiga, apabila pisa dihubungkan ke alat ukur menurut urutan R-S-T maka cahaya akan berputar ke kanan, sedangkan apabila cahaya berjalan ke kiri berarti bahwa urutan pisa adalah T-S-R.

Berdasarkan hasil pengamatan tersebut, maka urutan hubungan pisa yang berpadanan dengan urutan pisa T-S-R dan tiga urutan bersamaan dengan urutan pisa T-S-R. Desain PCI 3 pisa tidak dapat menentukan kaki R, S atau T tetapi dapat menentukan urutan pisa R, S, T dan T, S, R.



Gambar 4.3.
Pengukuran Sudut 3 Pasa
Sumber: Penulis

3. Pengukuran Ketahanan

Pengujian injeksi primer dilakukan secara maksimal (300A) selama durasi 1 jam tanpa henti. Hasil pengukuran yang di peroleh selama 60 menit bahwa PCI 3 tidak mengalami kendala, ketahanan PCI 3 masih tetap dapat membaca data secara akurat, kecuali terjadi panas pada peralatan PCI 3. Hal ini tentunya normal, sebagaimana peralatan elektronik lainnya yang dialiri arus listrik tentunya menimbulkan hawa panas pada peralatan. Namun untuk gangguan lain tidak menimbulkan gangguan apapun.

Pada beberapa kali penggunaan PCI 3 di PT PLN Persero Binjai, PCI 3 masih dapat beroperasi normal sebagaimana biasanya, dan durasi yang digunakan hampir sama yaitu 60 menit. Hasil yang diperoleh juga masih tetap akurat, dan dengan persoalan alat PCI 3 mengalami panas karena dialiri arus listrik, sehingga penggunaan injeksi PCI 3 tetap dapat digunakan kurang lebih 60 menit. Guna menjaga peralatan PCI 3 ini, maka penggunaannya seyogyanya dapat dilakukan selama 60 menit.

Kinerja PCI 3 pisa lainnya memberikan manfaat dari segi financial, dimana PCI 3 pisa merupakan karya anak bangsa yang diperuntukkan untuk bangsa ini pula. Berdasarkan hasil wawancara peneliti dengan pimpinan PLN ULTG Binjai, beliau menjelaskan bahwa biaya yang dibutuhkan untuk alat injeksi primer akan mencapai Rp. 500.000.000 (limaratus juta rupiah), sementara beberapa peralatan sederhana yang mudah diperoleh dan harganya masih terjangkau. Beberapa bahan yang diperlukan dalam merakit PCI 3 pisa adalah

Tabel 4.3

Perincian Biaya Material Pembuatan PCI 3 Pasa

No	Nama alat	Volume	satuan	Biaya
1	Converter 3 fasa	1	buah	Rp. 1.590.500
2	Braking Resistor 100Ω	9	buah	Rp. 5.400.000
3	Trafo Tiga Fasa 1600 VA	3	buah	Rp. 3.000.000
4	Auxiliary Relay 220 VAC	12	Buah	Rp. 600.000
5	Selektor Switch 4 tahap	1	Buah	Rp. 500.000
6	Kabel NYAF 1x4 mm 100m	1	roll	Rp. 440.000
7	Terminal	20	buah	Rp. 100.000
8	Box Panel	1	Bh	Rp. 2.000.000
9	Welding kabel 90 mm	20	meter	Rp. 3.000.000
10	Konektor kabel injeksi	4	buah	Rp. 300.000
11	Biaya Pembuatan	1	tim	Rp. 2.500.000
Total				Rp. 19.430.000

Sumber: Penulis

Sementara itu, biaya perkiraan pembelian alat uji injeksi primer Rp. 500.000.000, Maka Benefit = Harga alat uji injeksi primer – Biaya pembuatan PCI 300 = Rp. 500.000.000 - Rp. 19.430.000 = **Rp 480.570.000**. Berdasarkan hasil perhitungan tersebut, maka biaya pembuatan PCI sangat murah bila dibandingkan dengan biaya pembelian alat uji baru. Penggunaan PCI 300 pada saat pemeliharaan dapat memangkas durasi padam saat pemeliharaan. Penggunaan alat uji injeksi arus primer satu fasa membutuhkan durasi waktu 45 menit. Penggunaan alat uji PCI 300 hanya memerlukan durasi 15 menit.

4.1.3. Kendala Penggunaan PCI 3 Pasa

PCI 3 pasa menjadi alat injeksi primer arus tiga fasa pada instalasi tegangan tinggi gardu induk dapat meningkatkan kualitas pemeliharaan dalam sistem penyaluran tiga fasa. PCI 300 menjadi alat uji yang mampu menginjeksi arus tiga fasa dalam waktu bersamaan. Alat ini membutuhkan suply daya tegangan 220V AC sebagai sumber, dengan menginjeksi arus tiga fasa dalam waktu bersamaan.

Injeksi primer dilakukan untuk memeriksa unjuk kerja transformator arus, baik sebagai peralatan secara individual maupun sebagai bagian dari suatu sistem kontrol, proteksi dan pengukuran. PCI digunakan dengan menginjeksikan arus pada sisi primer transformator arus setiap fasa dan arus sekunder dimonitor pada setiap rangkaian meter dan relai pengaman pada tiap pasanya. Pengujian ini dilakukan sampai relai bekerja, mentriapkan pemutus tenaga dan dicatat setiap indikasi yang muncul pada panel kontrol. Alat ini tentunya masih memiliki

kendala dalam pengoperasiannya. Diantara kendala dalam pengoperasian PCI 3 ini adalah:

1. Apabila terjadi kesalahan sudut pasa, maka akan berdampak pada pergeseran antara arus sisi primer dengan arus sisi sekunder. Kesalahan sudut pasa akan memberikan pengaruh pada pengukuran berhubungan dengan besaran arus dan tegangan, misalnya pada pengukuran daya aktif maupun daya reaktif, pengukuran energi dan relai arah. Pemeriksaan ini umumnya dilakukan pada saat komisioning atau saat investigasi.
2. Pada saat pekerjaan pemeliharaan, PCI 3 membutuhkan suply daya tegangan 220V AC sebagai sumber, dengan menginjeksi arus tiga fasa dalam waktu bersamaan. Sementara untuk memperoleh daya 220 V AC, harus memutus beberapa saluran listrik agar PCI 3 dapat bekerja dengan baik, sehingga injeksi primer dapat melakukan pemeriksaan sebagai unjuk kerja transformator arus, baik sebagai peralatan secara individual maupun sebagai bagian dari suatu sistem kontrol, proteksi dan pengukuran.
3. PCI digunakan dengan menginjeksikan arus pada sisi primer transformator arus setiap pasa dan arus sekunder dimonitor pada setiap rangkaian meter dan relai pengaman pada tiap pasanya. Guna mengaktifkan PCI 3 sampai relai bekerja, harus mentrip pemutus tenaga dan dicatat setiap indikasi yang muncul pada panel kontrol. PCI 3 belum dapat menyimpan data secara otomatis hasil pengamatan pada transformator arus.
4. PCI 3 belum memiliki opsi pengaman alat dan peralatan apabila terjadi kesalahan prosedur dalam menggunakan PCI 3 pasa. Oleh sebab itu, perlu

disiapkan sistem pengaman PCI 3 pasa dan peralatan yang akan diuji, sehingga dalam proses pengamatan tidak terjadi insiden yang dapat membahayakan atau merusak alat injeksi PCI 3.

5. PCI 3 pasa ini masih menggunakan kontrol manual, sehingga ketika menggunakannya harus tetap dalam pengawasan dan diperhatikan secara seksama agar tidak terjadi kesalahan dalam melakukan injeksi arus.

Kendala-kendala tersebut, merupakan kendala yang perlu diperhatikan, kendatipun kendala tersebut bukanlah kendala yang krusial, akan tetapi menjadi perhatian yang signifikan guna mendapatkan hasil pengamatan yang akurat dan layak untuk digunakan pada setiap pengamatan arus listrik atau sebagai alat injeksi.

Hasil pengamatan dan observasi bahwa penggunaan alat PCI 3 ini masih aman untuk peralatan maupun lingkungan apabila dilaksanakan sesuai dengan prosedur pekerjaan. Artinya apabila dalam penggunaan PCI 3 pasa ini petugas harus awas dalam melakukan pengamatan, sehingga tidak terjadi kesalahan atau kendala yang berarti dalam melakukan pengoperasian menginjeksi arus listrik 3 pasa. Oleh sebab itu dapat menghindari kesalahan pada pemasangan rangkaian sekunder CT yang dapat mengakibatkan kerusakan pada CT. Selanjutnya meningkatkan kinerja dengan mengurangi gangguan akibat dari rangkaian CT yang terbalik, serta menghemat durasi pemeliharaan agar tidak menimbulkan dampak yang buruk bagi PCI 3 pasa itu sendiri dan terutama bagi petugas yang melakukan injeksi terhadap arus listrik yang mengalir guna mendistribusikan arus listrik kepada konsumen PT PLN Persero.

4.1.4. Analisis Penelitian

Tenaga listrik merupakan hal yang sangat penting dalam kehidupan manusia saat ini. Listrik yang sampai pada masyarakat sebagai konsumen PLN di kelola PLN dari trafo atau sumber tenaga listrik yang cukup besar dan menghasilkan arus listrik yang besar pula. Oleh sebab itu, PLN memerlukan voltage current injection yang digunakan untuk mengukur atau menguji kelistrikan. Injection Current Test digunakan untuk menguji rasio Trafo Arus. Injeksi arus pada sisi primer dari trafo arus (CT). Trafo Arus sendiri merupakan perantara pengukuran arus listrik.

Trafo arus digunakan sebagai media pembaca, dan digunakan dalam sistem proteksi sistem tenaga listrik. Sistem proteksi dalam sistem tenaga listrik sangatlah kompleks sehingga CT itu sendiri dibuat dengan spesifikasi dan kelas yang bervariasi sesuai dengan kebutuhan sistem yang ada. Kesalahan rasio ataupun besarnya presentase error (% err.) dapat berdampak pada besarnya kesalahan pembacaan di alat ukur, kesalahan penghitungan tarif, dan kesalahan operasi sistem proteksi. Pada CT terdapat burden yang berfungsi untuk membaca nilai maksimum daya (dalam satuan VA) yang mampu dipikul. Nilai daya ini harus lebih besar dari nilai yang terukur dari terminal sekunder CT sampai dengan koil relay proteksi yang dikerjakan. Apabila lebih kecil, maka relay proteksi tidak akan bekerja saat terjadi gangguan.

Salah satu satuan unit kerja PT. PLN Persero adalah sebagai pengelola jaringan transmisi energi listrik yang menjalankan fungsi pengoperasian dan

pemeliharaan jaringan transmisi dan gardu induk. Pada pengoperasian dan pemeliharaan jaringan memerlukan berbagai alat uji yang dapat menginjeksi besaran listrik pada peralatan gardu induk. Hal ini berupa arus dan tegangan yang bervariasi jumlah dan kapasitasnya untuk pemeliharaan dan monitoring kondisi setiap peralatan. Hal tersebut membuat UPT PLN menyediakan alat uji dan alat injeksi yang diperlukan tim pemeliharaan dalam memantau kondisi peralatan demi menjaga kestabilan penyaluran energi listrik sehingga berdampak positif terhadap kinerja transmisi dan gardu induk, salah satunya adalah alat injeksi arus.

Alat injeksi arus yang tersedia di PT PLN ULTG Binjai sampai pada saat ini adalah alat injeksi arus satu pisa. Namun masih memiliki kekurangan saat melakukan injeksi arus pada sistem tiga pisa yaitu memerlukan durasi yang lebih lama dan belum dapat memonitor hubungan sudut pisa pada proses pengujiannya. Oleh sebab itu, diperlukan alat uji injeksi primer arus tiga pisa yaitu PCI 300. Dengan adanya alat uji PCI 300 berharap instalasi tegangan tinggi gardu induk dapat meningkatkan kualitas pemeliharaan dalam sistem penyaluran tiga fasa.

PCI 300 atau PCI 3 merupakan alat untuk menguji kemampuan menginjeksi arus tiga pisa dalam waktu bersamaan. Alat ini membutuhkan supply daya tegangan 220V AC sebagai sumber. Beberapa permasalahan yang ada pada PLN ULTG Binjai terhadap penggunaan Primary Current Injection (PCI) diantaranya kendala pada saat penggunaan injeksi arus primer dengan menggunakan alat uji injeksi satu pisa, sehingga tidak terdata dan teruji hubungan peralatan tiga pisa. Selanjutnya bagaimana kerja Primeri Current Injection 3 fasa pada Current Transformer PT PLN (Persero) unit layanan transmisi dan

gardu induk Binjai. Hal ini menjadi alasan penelitian ini, serta menjadi latar belakang masalah pada penelitian ini.

Guna menghantarkan energi listrik diperlukan saluran transmisi yang merupakan media yang digunakan untuk mentransmisikan tenaga listrik dari generator station/ pembangkit listrik sampai pada saluran distribusi hingga pada konsumen pengguna listrik. Tenaga listrik ditransmisikan oleh suatu bahan konduktor yang mengalirkan tenaga listrik berdasarkan kategori saluran transmisi yang disebut dengan transformator.

Trafo atau transformator merupakan peralatan listrik yang dapat memindahkan energi listrik atau memindahkan dan mengubah energi listrik bolak balik dari satu level ke level tegangan yang lain melalui kinerja satu gandengan magnet dan berdasarkan prinsip induksi elektro magnetik. Pada umumnya transformator terdiri atas sebuah inti yang terbuat dari besi berlapis, dan dua buah kumparan yaitu kumparan primer dan kumparan sekunder. Kedua kumparan ini tidak terhubung secara langsung. Satu-satunya hubungan antara kedua kumparan adalah fluks magnetik bersama yang terdapat dalam inti. Salah satu dari kedua kumparan transformator tadi dihubungkan ke sumber daya listrik bolak balik dan kumparan kedua (serta ketiga jika ada) akan mensuplai daya ke beban.

Transformator arus juga digunakan untuk melakukan pengukuran besaran arus pada instalasi tenaga listrik disisi primer (Tegangan Ekstra Tinggi, Tegangan Tinggi dan Tegangan Menengah), yang berskala besar dengan melakukan transformasi dari besaran arus yang besar menjadi besaran arus yang kecil secara

akurat dan teliti untuk keperluan pengukuran dan proteksi. Proteksi pada trafo arus berguna untuk proteksi, memiliki ketelitian tinggi pada saat terjadi gangguan dimana arus yang mengalir beberapa kali dari arus pengenalnya dan tingkat kejenuhan cukup tinggi.

Pada trafo arus terdapat Transformator 1 pasa dan 3 pasa. Transformator tenaga atau tiga pasa menjadi peralatan tenaga listrik yang berfungsi untuk menyalurkan daya atau energi listrik dari tegangan tinggi ke tegangan rendah atau sebaliknya (mentransformasikan tegangan) dengan frekuensi yang tidak berubah. Transformator tiga pasa digunakan untuk sistem transmisi dan distribusi tenaga listrik karena pertimbangan agar lebih ekonomis. Transformator tiga fasa banyak sekali mengurangi berat dan lebar kerangka, sehingga harganya akan lebih murah bila dibandingkan dengan penggabungan tiga buah transformator satu pasa dengan rating daya yang sama. Tetapi transformator tiga pasa ini juga mempunyai beberapa kekurangan, salah satunya bila pasa mengalami kerusakan, maka seluruh transformator harus diganti atau dilakukan pengujian secara komprehensif, tetapi bila transformator terdiri dari tiga buah transformator satu pasa, bila salah satu pasa transformator mengalami kerusakan. Sistem masih bisa dioperasikan dengan sistem hubungan “open delta”.

Guna menghantarkan arus listrik diperlukan saluran transmisi yang merupakan media yang digunakan untuk mentransmisikan arus listrik dari generator station/ pembangkit listrik sampai pada saluran distribusi hingga pada

konsumen pengguna listrik. Tenaga listrik ditransmisikan oleh suatu bahan konduktor yang mengalirkan arus listrik berdasarkan kategori saluran transmisi.

Tegangan pada saluran transmisi dapat mencapai puluhan sampai ratusan kilo volt, sehingga diantara transmisi dan konsumen dibutuhkan trafo daya *step down*. Trafo-trafo daya ini bersama perlengkapan-perengkapannya disebut gardu induk. Selain itu, suatu sistem distribusi biasanya tersusun atas beberapa peralatan maupun komponen pendukung lainnya seperti gardu induk distribusi, sistem sub-transmisi, feeder dan trafo distribusi, maupun layanan pelanggan. Pada penyaluran sistem distribusi arus listrik sangat memperhatikan kualitas pelayanan yang terpadu dan memadai. Faktor yang dapat menentukan kualitas pelayanan tersebut yaitu seperti kemampuan sistem distribusi dalam menyalurkan energi listrik kepada pelanggan secara kontiniu, dengan tingkat frekuensi gangguan seminimal mungkin.

Kontinuitas penyaluran sistem distribusi erat kaitannya dengan konfigurasi jaringan, serta komponen tegangan menengah yang terpasang pada jaringan. Selain itu, agar fungsi jaringan distribusi dapat berjalan dengan baik maka diperlukan upaya untuk menanggulangi gangguan yang sering terjadi pada jaringan distribusi dengan cepat, efisien, dan dalam waktu yang singkat. Maka unsur tersebut dapat berpengaruh terhap tingkat kehandalan sistem distribusi dalam menyalurkan arus listrik yang berkualitas. Mengoperasikan saluran transmisi pada batas arus maksimalnya dapat menyebabkan pemanasan signifikan pada konduktor. Pemanasan pada konduktor dapat meningkatkan andongan konduktor

secara signifikan, ketika andongan sudah mencapai batas maksimal yang diperbolehkan, maka konduktor harus dibatasi panjang bentangannya atau dengan menambah ketinggian dari stuktur tiang yang digunakan. Konduktor konvensional juga mungkin dibatasi oleh pada besarnya temperatur operasi, dimana jika konduktor beroperasi pada batas temperatur maksimum yang diperbolehkan akan mengurangi keandalan konduktor. Oleh sebab itu, diperlukan alat injeksi arus listrik.

Injeksi primer arus tiga fasa yaitu PCI 300 merupakan instalasi tegangan tinggi gardu induk yang dapat meningkatkan kualitas pemeliharaan dalam sistem penyaluran tiga fasa. PCI 300 mampu menginjeksi arus tiga fasa dalam waktu bersamaan. Alat ini membutuhkan supply daya tegangan 220V AC sebagai sumber, dengan menginjeksi arus tiga fasa dalam waktu bersamaan. Injeksi primer dilakukan untuk memeriksa unjuk kerja transformator arus, baik sebagai peralatan secara individual maupun sebagai bagian dari suatu sistem kontrol, proteksi dan pengukuran. PCI digunakan dengan menginjeksikan arus pada sisi primer transformator arus setiap fasa dan arus sekunder dimonitor pada setiap rangkaian meter dan relai pengaman pada tiap pasanya.

Penggunaan PCI 3 fasa dikenal sebagai sistem yang mempunyai urutan fasa ABC. sistem tegangan 3 fasa dibangkitkan oleh generator sinkron 3 fasa. Pada ujung-ujung tiap fasa dihubungkan menjadi satu dan menjadi titik netral atau titik bintang. Tegangan antara dua terminal dari tiga terminal ABC mempunyai besar magnitude dan beda fasa yang berbeda dengan tegangan tiap

terminal terhadap titik netral. Untuk arus yang mengalir pada semua pisa mempunyai nilai yang sama. Dimana hubungan segitiga pada ketiga pisa saling dihubungkan sehingga membentuk hubungan segitiga 3 pisa. Dimana tidak adanya titik netral, maka besarnya tegangan saluran dihitung antar pisa, karena tegangan saluran dan tegangan pisa mempunyai besar magnitude yang sama. Akan tetapi arus saluran dan arus pisa tidak sama dan hubungan antara kedua arus tersebut.

PCI digunakan dengan menginjeksikan arus pada sisi primer transformator arus setiap pisa dan arus sekunder dimonitor pada setiap rangkaian meter dan relai pengaman pada tiap fasanya. Melalui alat injeksi primer arus tiga pisa yaitu PCI 300 instalasi tegangan tinggi gardu induk dapat meningkatkan kualitas pemeliharaan dalam sistem penyaluran tiga pisa. Penggunaan PCI 3 dilakukan dengan relai, sehingga relai dapat bekerja, mentripkan pemutus tenaga setiap indikasi yang muncul pada panel kontrol. PCI 3 pisa ini proses hampir sama dengan PCI 1 pisa, namun bedanya input dan output dari PCI 3 pisa masing-masing berjumlah 3 buah yaitu pisa R, S dan T. Setelah melalui proses kondisi ketiga buah PCI 3 pisa akan bekerja kemudian akan memberikan hasil pada monitor.

Efisiensi PCI 3 pisa merupakan energi listrik menjadi energi mekanik yang dinyatakan sebagai perbandingan antara daya keluaran dan daya masukan. Injeksi primer arus PCI 300 adalah alat injeksi primer arus 3 pisa pada CT dengan kondisi rangkaian sekunder terpasang ke peralatan metering dan proteksi.

Penggunaan dilakukan dengan menginjeksikan arus pada sisi primer transformator arus setiap pisa dan arus sekunder dimonitor pada setiap rangkaian meter dan relai pengaman pada tiap pasanya. PCI 3 pisa ini diaktifkan sampai relai bekerja, mentriapkan pemutus tenaga dan memantau setiap indikasi yang muncul pada panel kontrol. Cara kerja PCI 300 tidak jauh berbeda dengan alat uji injeksi lainnya. Perbedaan mendasar terletak pada out put PCI 300 yang mampu menghasilkan arus 3 pisa.

PCI 3 pisa memiliki berbagai keunggulan dalam kinerja. Keunggulan kinerja lainnya dari PCI 3 pisa lainnya pada nilai ketidak seimbangan kecil, dan pada nilai ketidak seimbangan yang di perbesar, hasil pengukuran tiga pisa meningkat, demikian pula pada pembebanan induktif. Berdasarkan hasil analisis yang dilakukan dengan membandingkan rentang nilai hasil pengukuran dengan menggunakan tiga pisa, terjadi rentang tidak berpotongan, menunjukkan bahwa nilai 3 pisa lebih besar dari nilai normal, kemudian kedua nilai mendekati satu rentang terhadap rentang yang lainnya. Pada sudut tiga pisa dengan menggunakan relay proteksi sebagai pengukuran sudut ketiga fasa, beban dalam keadaan seimbang dimana ketiga vector arus dan tegangan sama besar atau ketika ketiga vector tersebut saling membentuk sudut 120° . Sedangkan ketidak seimbangan dimana keadaan salah satu atau kedua syarat keadaan seimbang tidak terpenuhi, Ketidak seimbangan beban pada sistem distribusi tenaga listrik saat keadaan kerja normal dapat mengakibatkan arus yang mengalir pada penghantar netral transformator distribusi, hal ini terjadi karena perbedaan arus dan tegangan pada pisa R, S dan.

Kinerja PCI 3 pasa lainnya mampu beroperasi secara maksimal selama durasi 1 jam tanpa henti. Hasil pengukuran yang di peroleh selama 60 menit bahwa PCI 3 tidak mengalami kendala, ketahanan PCI 3 masih tetap dapat membaca data secara akurat, kecuali terjadi panas pada peralatan PCI 3. Hal ini tentunya normal, sebagaimana peralatan elektronik lainnya yang dialiri arus listrik tentunya menimbulkan hawa panas pada peralatan. Namun untuk gangguan lain tidak menimbulkan gangguan apapun. Apabila dilihat dari sisi financial kinerja PCI 3 pasa memberikan manfaat bahwa PCI 3 pasa adalah karya anak bangsa yang diperuntukkan untuk bangsa ini pula. Biaya yang dibutuhkan untuk merangkai PCI 3 pasa berbeda jauh dengan alat injeksi primer lainnya. Sementara penggunaan PCI 3 pasa pada saat pemeliharaan dapat memangkas durasi padam saat pemeliharaan. Penggunaan alat uji injeksi arus primer satu pasa membutuhkan durasi waktu 45 menit, sementara PCI 3 pasa hanya memerlukan durasi 15 menit.

Pada sisi lain dimana setiap alat injeksi memiliki kelebihan, juga memiliki kekurangan atau kendala. Diantara kendala dalam pengoperasian PCI 3 ini yaitu: Apabila terjadi kesalahan sudut pasa, maka akan berdampak pada pergeseran antara arus sisi primer dengan arus sisi sekunder. Kesalahan sudut pasa akan memberikan pengaruh pada pengukuran berhubungan dengan besaran arus dan tegangan, misalnya pada pengukuran daya aktif maupun daya reaktif, pengukuran energi dan relai arah. Pemeriksaan ini umumnya dilakukan pada saat komisioning atau saat investigasi.

Pada saat pekerjaan pemeliharaan, PCI 3 membutuhkan suply daya tegangan 220V AC sebagai sumber, dengan menginjeksi arus tiga fasa dalam waktu bersamaan. Sementara untuk memperoleh daya 220 V AC, harus memutus beberapa saluran listrik agar PCI 3 dapat bekerja dengan baik, sehingga injeksi primer dapat melakukan pemeriksaan sebagai unjuk kerja transformator arus, baik sebagai peralatan secara individual maupun sebagai bagian dari suatu sistem kontrol, proteksi dan pengukuran. PCI digunakan dengan menginjeksikan arus pada sisi primer transformator arus setiap pasa dan arus sekunder dimonitor pada setiap rangkaian meter dan relai pengaman pada tiap pasanya. Guna mengaktifkan PCI 3 sampai relai bekerja, harus mentrip pemutus tenaga dan dicatat setiap indikasi yang muncul pada panel kontrol. PCI 3 belum dapat menyimpan data secara otomatis hasil pengamatan pada transformator arus.

PCI 3 belum memiliki opsi pengaman alat dan peralatan apabila terjadi kesalahan prosedur dalam menggunakan PCI 3 pasa. Oleh sebab itu, perlu disiapkan sistem pengaman PCI 3 pasa dan peralatan yang akan diuji, sehingga dalam proses pengamatan tidak terjadi insiden yang dapat membahayakan atau merusak alat injeksi PCI 3. PCI 3 pasa ini masih menggunakan kontrol manual, sehingga ketika menggunakannya harus tetap dalam pengawasan dan diperhatikan secara seksama agar tidak terjadi kesalahan dalam melakukan injeksi arus.

Kendala-kendala tersebut, merupakan kendala yang perlu diperhatikan, kendatipun kendala tersebut bukanlah kendala yang krusial, akan tetapi menjadi perhatian yang signifikan guna mendapatkan hasil pengamatan yang akurat dan

layak untuk digunakan pada setiap pengamatan arus listrik atau sebagai alat injeksi. Hasil pengamatan dan observasi bahwa penggunaan alat PCI 3 ini masih aman untuk peralatan maupun lingkungan apabila dilaksanakan sesuai dengan prosedur pekerjaan. Artinya apabila dalam penggunaan PCI 3 pada ini petugas harus awas dalam melakukan pengamatan, sehingga tidak terjadi kesalahan atau kendala yang berarti dalam melakukan pengoperasian menginjeksi arus listrik 3 fase. Oleh sebab itu dapat menghindari kesalahan pada pemasangan rangkaian sekunder CT yang dapat mengakibatkan kerusakan pada CT. Selanjutnya meningkatkan kinerja dengan mengurangi gangguan akibat dari rangkaian CT yang terbalik, serta menghemat durasi pemeliharaan agar tidak menimbulkan dampak yang buruk bagi PCI 3 fase itu sendiri dan terutama bagi petugas yang melakukan injeksi terhadap arus listrik yang mengalir guna mendistribusikan arus listrik kepada konsumen PT PLN Persero.

4.2. Pembahasan

Listrik merupakan sumber kehidupan masyarakat saat ini, dimana hampir semua perlengkapan rumah tangga saat ini menggunakan tenaga listrik. Jika listrik padam maka hampir semua aktifitas masyarakat tidak berfungsi. Guna mengaliri listrik ke konsumen PLN menggunakan trafo sebagai sumber tenaga listrik yang cukup besar dan menghasilkan arus listrik yang besar pula. Trafo arus digunakan sebagai media pembaca, dan digunakan dalam sistem proteksi sistem tenaga listrik. Sistem proteksi dalam sistem tenaga listrik sangatlah kompleks sehingga CT itu sendiri dibuat dengan spesifikasi dan kelas yang bervariasi sesuai dengan kebutuhan sistem yang ada. Pada CT terdapat burden yang berfungsi untuk

membaca nilai maksimum daya (dalam satuan VA) yang mampu dipikul. Nilai daya ini harus lebih besar dari nilai yang terukur dari terminal sekunder CT sampai dengan koil relay proteksi yang dikerjakan. Apabila lebih kecil, maka relay proteksi tidak akan bekerja saat terjadi gangguan.

Pada saat pengoperasian dan pemeliharaan jaringan memerlukan berbagai alat uji yang dapat menginjeksi besaran listrik pada peralatan gardu induk. Hal ini berupa arus dan tegangan yang bervariasi jumlah dan kapasitasnya untuk pemeliharaan dan monitoring kondisi setiap peralatan. Hal tersebut membuat UPT PLN menyediakan alat uji dan alat injeksi yang diperlukan tim pemeliharaan dalam memantau kondisi peralatan demi menjaga kestabilan penyaluran energi listrik sehingga berdampak positif terhadap kinerja transmisi dan gardu induk, salah satunya adalah alat injeksi arus. PCI 300 atau PCI 3 pasa merupakan alat untuk menguji kemampuan menginjeksi arus tiga pasa dalam waktu bersamaan. Alat ini membutuhkan supply daya tegangan 220V AC sebagai sumber.

Proses menghantarkan energi listrik kepada konsumen memerlukan saluran transmisi yang merupakan media yang digunakan untuk mentransmisikan tenaga listrik dari generator station/ pembangkit listrik sampai pada saluran distribusi hingga pada konsumen pengguna listrik. Tenaga listrik ditransmisikan oleh suatu bahan konduktor yang mengalirkan tenaga listrik berdasarkan kategori saluran transmisi yang disebut dengan transformator. Trafo atau transformator merupakan peralatan listrik yang dapat memindahkan energi listrik atau memindahkan dan mengubah energi listrik bolak balik dari satu level ke level

tegangan yang lain melalui kinerja satu gandengan magnet dan berdasarkan prinsip induksi elektro magnetik. Pada umumnya transformator terdiri atas sebuah inti yang terbuat dari besi berlapis, dan dua buah kumparan yaitu kumparan primer dan kumparan sekunder. Kedua kumparan ini tidak terhubung secara langsung. Satu-satunya hubungan antara kedua kumparan adalah fluks magnetik bersama yang terdapat dalam inti. Salah satu dari kedua kumparan transformator tadi dihubungkan ke sumber daya listrik bolak balik dan kumparan kedua (serta ketiga jika ada) akan mensuplai daya ke beban.

Pada saluran transmisi, tegangan dapat mencapai puluhan sampai ratusan kilo volt, sehingga diantara transmisi dan konsumen dibutuhkan trafo daya *step down*. Trafo-trafo daya ini bersama perlengkapan-perengkapannya disebut gardu induk. Selain itu, suatu sistem distribusi biasanya tersusun atas beberapa peralatan maupun komponen pendukung lainnya seperti gardu induk distribusi, sistem sub-transmisi, feeder dan trafo distribusi, maupun layanan pelanggan. Kontinuitas penyaluran sistem distribusi erat kaitannya dengan konfigurasi jaringan, serta komponen tegangan menengah yang terpasang pada jaringan. Selain itu, agar fungsi jaringan distribusi dapat berjalan dengan baik maka diperlukan upaya untuk menanggulangi gangguan yang sering terjadi pada jaringan distribusi dengan cepat, efisien, dan dalam waktu yang singkat. Maka unsur tersebut dapat berpengaruh terhadap tingkat kehandalan sistem distribusi dalam menyalurkan arus listrik yang berkualitas.

Injeksi primer arus tiga pisa yaitu PCI 300 merupakan instalasi tegangan tinggi gardu induk yang dapat meningkatkan kualitas pemeliharaan dalam sistem penyaluran tiga pisa. PCI 300 mampu menginjeksi arus tiga fasa dalam waktu bersamaan. Alat ini membutuhkan suply daya tegangan 220V AC sebagai sumber, dengan menginjeksi arus tiga pisa dalam waktu bersamaan.

Injeksi primer dilakukan untuk memeriksa unjuk kerja transformator arus, baik sebagai peralatan secara individual maupun sebagai bagian dari suatu sistem kontrol, proteksi dan pengukuran. PCI digunakan dengan menginjeksikan arus pada sisi primer transformator arus setiap fasa dan arus sekunder dimonitor pada setiap rangkaian meter dan relai pengaman pada tiap pasanya. Penggunaan PCI 3 pisa dikenal sebagai sistem yang mempunyai urutan pisa ABC. sistem tegangan 3 pisa dibangkitkan oleh generator sinkron 3 pisa. Pada ujung-ujung tiap pisa dihubungkan menjadi satu dan menjadi titik netral atau titik bintang. Tegangan antara dua terminal dari tiga terminal ABC mempunyai besar magnitude dan beda pisa yang berbeda dengan tegangan tiap terminal terhadap titik netral.

PCI digunakan dengan menginjeksikan arus pada sisi primer transformator arus setiap pisa dan arus sekunder dimonitor pada setiap rangkaian meter dan relai pengaman pada tiap fasanya. Melalui alat injeksi primer arus tiga pisa yaitu PCI 300 instalasi tegangan tinggi gardu induk dapat meningkatkan kualitas pemeliharaan dalam sistem penyaluran tiga pisa. Penggunaan PCI 3 dilakukan dengan relai, sehingga relai dapat bekerja, mentriapkan pemutus tenaga setiap indikasi yang muncul pada panel kontrol.

PCI 3 pasa ini proses hampir sama dengan PCI 1 pasa, namun bedanya input dan output dari PCI 3 pasa masing-masing berjumlah 3 buah yaitu pasa R, S dan T. Setelah melalui proses kondisi ketiga buah PCI 3 pasa akan bekerja kemudian akan memberikan hasil pada monitor. Efisiensi PCI 3 pasa merupakan energi listrik menjadi energi mekanik yang dinyatakan sebagai perbandingan antara daya keluaran dan daya masukan. Injeksi primer arus PCI 300 adalah alat injeksi primer arus 3 fasa pada CT dengan kondisi rangkaian sekunder terpasang ke peralatan metering dan proteksi.

Penggunaan dilakukan dengan menginjeksikan arus pada sisi primer transformator arus setiap pasa dan arus sekunder dimonitor pada setiap rangkaian meter dan relai pengaman pada tiap pasanya. PCI 3 pasa ini diaktifkan sampai relai bekerja, mentriapkan pemutus tenaga dan memantau setiap indikasi yang muncul pada panel kontrol. Cara kerja PCI 300 tidak jauh berbeda dengan alat uji injeksi lainnya. Perbedaan mendasar terletak pada out put PCI 300 yang mampu menghasilkan arus 3 pasa.

Keunggulan kinerja dari PCI 3 pasa selain tersebut di atas, pada nilai ketidak seimbangan kecil, dan pada nilai ketidak seimbangan yang di perbesar, hasil pengukuran tiga pasa meningkat, demikian pula pada pembebanan induktif. Berdasarkan hasil analisis yang dilakukan dengan membandingkan rentang nilai hasil pengukuran dengan menggunakan tiga pasa, terjadi rentang tidak berpotongan, menunjukkan bahwa nilai 3 pasa lebih besar dari nilai normal, kemudian kedua nilai mendekati satu rentang terhadap rentang yang lainnya. Pada

sudut tiga pisa dengan menggunakan relay proteksi sebagai pengukuran sudut ketiga fasa, beban dalam keadaan seimbang dimana ketiga vector arus dan tegangan sama besar atau ketika ketiga vector tersebut saling membentuk sudut 120° . Sedangkan ketidak seimbangan dimana keadaan salah satu atau kedua syarat keadaan seimbang tidak terpenuhi, Ketidak seimbangan beban pada sistem distribusi tenaga listrik saat keadaan kerja normal dapat mengakibatkan arus yang mengalir pada penghantar netral transformator distribusi, hal ini terjadi karena perbedaan arus dan tegangan pada pisa R, S dan.

Kinerja PCI 3 pisa lainnya mampu beroperasi secara maksimal selama durasi 1 jam tanpa henti. Hasil pengukuran yang di peroleh selama 60 menit bahwa PCI 3 tidak mengalami kendala, ketahanan PCI 3 masih tetap dapat membaca data secara akurat, kecuali terjadi panas pada peralatan PCI 3. Sementara itu, penggunaan alat uji injeksi arus primer satu pisa membutuhkan durasi waktu 45 menit, sementara PCI 3 pisa hanya memerlukan durasi 15 menit.

Pada sisi lain dimana setiap alat injeksi memiliki kelebihan, juga memiliki kekurangan atau kendala. Diantara kendala dalam pengoperasian PCI 3 ini yaitu: Apabila terjadi kesalahan sudut pisa, maka akan berdampak pada pergeseran antara arus sisi primer dengan arus sisi sekunder. Kesalahan sudut pisa akan memberikan pengaruh pada pengukuran berhubungan dengan besaran arus dan tegangan, misalnya pada pengukuran daya aktif maupun daya reaktif, pengukuran energi dan relai arah. Pemeriksaan ini umumnya dilakukan pada saat komisioning atau saat investigasi.

Pada saat pekerjaan pemeliharaan, PCI 3 membutuhkan suply daya tegangan 220V AC sebagai sumber, dengan menginjeksi arus tiga fasa dalam waktu bersamaan. Sementara untuk memperoleh daya 220 V AC, harus memutus beberapa saluran listrik agar PCI 3 dapat bekerja dengan baik, sehingga injeksi primer dapat melakukan pemeriksaan sebagai unjuk kerja transformator arus, baik sebagai peralatan secara individual maupun sebagai bagian dari suatu sistem kontrol, proteksi dan pengukuran. PCI digunakan dengan menginjeksikan arus pada sisi primer transformator arus setiap pasa dan arus sekunder dimonitor pada setiap rangkaian meter dan relai pengaman pada tiap pasanya. Guna mengaktifkan PCI 3 sampai relai bekerja, harus mentrip pemutus tenaga dan dicatat setiap indikasi yang muncul pada panel kontrol. PCI 3 belum dapat menyimpan data secara otomatis hasil pengamatan pada transformator arus.

PCI 3 belum memiliki opsi pengaman alat dan peralatan apabila terjadi kesalahan prosedur dalam menggunakan PCI 3 pasa. Oleh sebab itu, perlu disiapkan sistem pengaman PCI 3 pasa dan peralatan yang akan diuji, sehingga dalam proses pengamatan tidak terjadi insiden yang dapat membahayakan atau merusak alat injeksi PCI 3. PCI 3 pasa ini masih menggunakan kontrol manual, sehingga ketika menggunakannya harus tetap dalam pengawasan dan diperhatikan secara seksama agar tidak terjadi kesalahan dalam melakukan injeksi arus.

BAB 5

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Setelah melakukan penelitian maka dapat disimpulkan hasil penelitian ini sebagai berikut:

1. PCI 3 pasa merupakan instalasi tegangan tinggi gardu induk yang dapat meningkatkan kualitas pemeliharaan dalam sistem penyaluran tiga pasa. PCI 3 pasa mampu menginjeksi arus tiga fasa dalam waktu bersamaan. PCI 3 pasa dikenal sebagai sistem yang mempunyai urutan pasa ABC. PCI 3 pasa digunakan dengan menginjeksikan arus pada sisi primer transformator arus setiap pasa dan arus sekunder dimonitor pada setiap rangkaian meter dan relai pengaman pada tiap fasanya. PCI 3 pasa ini prosesnya hampir sama dengan PCI 1 pasa, namun bedanya input dan output dari PCI 3 pasa masing-masing berjumlah 3 buah yaitu pasa R, S dan T. Setelah melalui proses kondisi ketiga buah PCI 3 pasa akan bekerja kemudian akan memberikan hasil pada monitor.
2. Keunggulan PCI 3 pasa merubah energi listrik menjadi energi mekanik, mampu menginjeksikan arus pada sisi primer transformator arus setiap pasa dan arus sekunder dimonitor pada setiap rangkaian meter dan relai pengaman pada tiap pasanya. PCI 3 pasa dapat mentriapkan pemutus tenaga dan memantau setiap indikasi yang muncul pada panel kontrol. Keunggulan kinerja dari PCI 3 pasa lainnya pada nilai ketidak seimbangan kecil, dan pada nilai ketidak seimbangan yang di perbesar, hasil pengukuran tiga pasa

meningkat, demikian pula pada pembebanan induktif. Pada sudut tiga pisa dengan menggunakan relay proteksi sebagai pengukuran sudut ketiga fasa, beban dalam keadaan seimbang dimana ketiga vector arus dan tegangan sama besar atau ketika ketiga vector tersebut saling membentuk sudut 120° . Sedangkan ketidak seimbangan dimana keadaan salah satu atau kedua syarat keadaan seimbang tidak terpenuhi, mampu beroperasi secara maksimal selama durasi 1 jam tanpa henti.

3. Kendala dalam pengoperasian PCI 3 ini yaitu: Apabila terjadi kesalahan sudut pisa, maka akan berdampak pada pergeseran antara arus sisi primer dengan arus sisi sekunder. Pada saat pekerjaan pemeliharaan, PCI 3 membutuhkan supply daya tegangan 220V AC sebagai sumber, dengan menginjeksi arus tiga fasa dalam waktu bersamaan. PCI 3 belum dapat menyimpan data secara otomatis hasil pengamatan pada transformator arus. PCI 3 pisa belum memiliki opsi pengaman alat dan peralatan apabila terjadi kesalahan prosedur dalam menggunakan PCI 3 pisa.. PCI 3 pisa ini masih menggunakan kontrol manual, sehingga ketika menggunakannya harus tetap dalam pengawasan dan diperhatikan secara seksama agar tidak terjadi kesalahan dalam melakukan injeksi arus.

5.2. Saran-Saran

Setelah dilakukan penelitian, maka saran yang dapat peneliti utarakan pada penelitian ini adalah:

1. Perlu adanya sertifikasi kelayakan penggunaan alat uji PCI 3 pisa pada instalasi kelistrikan, sehingga dapat di produksi oleh PLN, kemudian digunakan disetiap gardu induk di Indonesia sebagai sebuah karya anak bangsa.
2. Peralatan ini masih menggunakan kontrol manual, oleh sebab itu perlu pengembangan kedepan agar PCI 3 pisa dapat beroperasi secara otomatis, sehingga dapat senantiasa terawasi dan mengurangi dampak yang buruk baik bagi pelanggan juga karyawan.
3. Perlunya ditambah display seperti layaknya alat uji modern, sehingga dapat di kenalkan kedunia internasional sebuah karya anak bangsa

DAFTAR PUSTAKA

- Arifin, R., & Oktoviana, L. T. (2013). Implementasi Kriptografi dan Steganografi menggunakan Algoritma RSA dan metode LSB. Universitas Malang.
- Adikara, P. P., Rahman, M. A., & Santosa, E. (2014). Pencarian Ruang Warna Kulit Manusia Berdasarkan Nilai Karakteristik (λ) Matrik Window Citra. *Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, 1(1), 29-33.
- Batubara, S., Hariyanto, E., Wahyuni, S., Sulistianingsih, I., & Mayasari, N. (2019, August). Application of Mamdani and Sugeno Fuzzy Toward Ready-Mix Concrete Quality Control. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1255, No. 1, p. 012061). IOP Publishing.
- Ginanjari, S. A., & Sugiharto, A. (2015). Steganografi Pesan Suara Ke Dalam Citra Menggunakan Persamaan Lingkaran Dan Metode Least Significant Bit (Doctoral dissertation, Universitas Diponegoro).
- Hendini, A. (2016). Pemodelan Uml Sistem Informasi Monitoring Penjualan Dan Stok Barang (Studi Kasus: Distro Zhezha Pontianak). *Jurnal Khatulistiwa Informatika*, 4(2).
- Herdianto, H., Mursyidah, M., & Rusli, R. (2021). Perancangan Washtafel Otomatis Menggunakan Mikrokontroler ATMEGA16. *Jurnal Infomedia: Teknik Informatika, Multimedia & Jaringan*, 6(1), 33-38.
- Izhari, F., & Dhany, H. W. (2020). COMPARISON OF AIR QUALITY DATA ACCURATION USING DECISION TREE AND NEURAL NETWORK METHOD. *Jurnal Ipteks Terapan*, 14(2), 123-127.
- Kumar, A., & Pooja, K. (2010). Steganography-A data hiding technique. *International Journal of Computer Applications*, 9(7), 19-23.
- Kurnia, D. (2017). Analisis QoS Pada Pembagian Bandwidth Dengan Metode Layer 7 Protocol, PCQ, HTB Dan Hotspot Di SMK Swasta Al-Washliyah Pasar Senen. *CESS (Journal of Computer Engineering, System and Science)*, 2(2), 102-111.
- Kurniawan, T. A. (2018). Pemodelan Use Case (UML): Evaluasi Terhadap beberapa Kesalahan dalam Praktik. *Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, 5(1), 77.
- Lusiana, V. (2013). Deteksi Tepi pada Citra Digital menggunakan Metode Kirsch dan Robinson. *Dinamik*, 18(2).
- Nuraini, R. (2015). Desain Algoritma Operasi Perkalian Matriks Menggunakan Metode Flowchart. *Jurnal Teknik Komputer*, 1(1), 144-151.
- Nurdam, N. (2014). Sequence Diagram sebagai perkakas perancangan antarmuka pemakai. *ULTIMATICS*, 6(1), 21-25.

- Putra, I. K. G. D., & Suarjana, I. G. (2010). Segmentasi citra retina digital retinopati diabetes untuk membantu pendeteksian mikroaneurisma. *Majalah Ilmiah Teknologi Elektro*.
- Sutoyo, T. D., Mulyanto, E., & Suhartono, V. (2009). *Teori Pengolahan Citra Digital*. Yogyakarta: Andi.
- Wandani, H., Budiman, M. A., & Sharif, A. (2012). Implementasi sistem keamanan data dengan menggunakan teknik steganografi end of file (EOF) dan Rabin public key cryptosystem. *Alkharizmi*, 1(1).