



TUGAS AKHIR

RANCANG BANGUN ALAT TARING UNTUK STANDARISASI DAN PENGANTIAN FUSE LINK FCO 20 KV METODE PDKB SENTUH LANGSUNG

DISUSUN OLEH :

[RIZKI MAILANI]
NIM : [202371597]

**PROGRAM STUDI D-III TEKNOLOGI LISTRIK
SEKOLAH VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI PLN
JAKARTA 2026**

RANCANG BANGUN ALAT TARING UNTUK STANDARISASI DAN PENGGANTIAN FUSE LINK FCO 20 KV METODE PDKB SENTUH LANGSUNG

TUGAS AKHIR



Diajukan untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan
Guna Memperoleh Gelar Ahli Madya

Disusun Oleh :

[RIZKI MAILANI]
NIM : [202371597]

**PROGRAM STUDI D-III TEKNOLOGI LISTRIK
SEKOLAH VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI PLN
JAKARTA 2026**

PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Nama : Rizki Mailani
Nim : 2023-71-597
Program Studi : D-III Teknologi Listrik
Fakultas/Sekolah : Vokasi
Judul Tugas Akhir : RANCANG BANGUN ALAT TARING UNTUK
STANDARISASI DAN PENGGANTIAN FUSE
LINK FCO 20 KV METODE PDKB SENTUH
LANGSUNG

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam tugas akhir ini tidak dapat terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar Ahli Madya baik dilingkungan Institut Teknologi PLN maupun di suatu 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 naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka. Pernyataan ini dibuat dengan penuh kesadaran dan rasa tanggung jawab serta bersedia memikul segala resiko jika ternyata persyaratan ini tidak benar.

Jakarta, 29 Januari 2026



RIZKI MAILANI

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR

Judul Tugas Akhir	: RANCANG BANGUN ALAT TARING UNTUK STANDARISASI DAN PENGANTIAN FUSE LINK FCO 20 KV METODE PDKB SENTUH LANGSUNG
Nama Mahasiswa	: Rizki Mailani
NIM	202371597
Program Studi	: D-III Teknologi Listrik
Fakultas/Sekolah	: Sekolah Vokasi

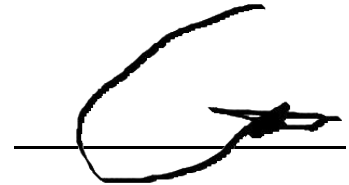
Disetujui Oleh

Pembimbing I
Sigit Sukmajati, S.T., M.T.
NIDN : 0326028503



Diketahui oleh,

Kepala Program Studi
Ir. Sandi Budi Kurniawan S.ST., M.Tr.T.
NIDN : 0309089002



Dekan/Direktur
Ir. Tony Koerniawan, S.T., M.T.
NIDN : 0325018402



LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

Judul Tugas Akhir : RANCANG BANGUN ALAT TARING UNTUK
STANDARISASI DAN PENGGANTIAN FUSE LINK
FCO 20 KV METODE PDKB SENTUH LANGSUNG

Nama Mahasiswa : Rizki Mailani
NIM : 2023-71-597
Program Studi : D-III Teknologi Listrik
Fakultas/Sekolah : Vokasi

Disetujui Oleh,

Ketua Penguji

Andi junaidi, S.T., M,T
NIDN :0314018706



Anggota Penguji I Ir.Samsurizal, S.T.,
M,T.,IPM NIDN :0320088202



Anggota Penguji II / Pembimbing
Sigit Sukmajati, S.T., M,T
NIDN :0326028503

Diketahui Oleh,

Kepala Program Studi
Ir. Sandi Budi Kurniawan S.ST., M.Tr.T.
NIDN : 0309089002



UCAPAN TERIMAKASIH

Dengan ini saya menyampaikan penghargaan dan ucapan terimakasih yang sebesar besarnya kepada yang terhormat :

Bapak **Sigit Sukmajati, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing**

Yang telah memberikan petunjuk, saran - saran serta bimbingannya sehingga tugas akhir ini dapat diselesaikan.

Terimakasih yang sama, saya sampaikan kepada:

1. Bapak Manihar Hutajulu selaku Manager PT. PLN (Persero) UP3 Dumai.
2. Bapak Irsansyah selaku Asman Jarkons PT. PLN (Persero) UP3 Dumai.
3. Bapak Ade Rahmat Putra selaku Kepala Regu PDKB PT. PLN (Persero) UP3 Dumai.

Yang telah mengizinkan melakukan pengumpulan data terkait penelitian ini di PT PLN (PERSERO) UP3 DUMAI

Jakarta, 29 Januari 2026



Rizki Mailani

NIM 202371597

ABSTRAK

Rizki Mailani. *Rancang Bangun Alat TARING untuk Standarisasi dan Penggantian Fuse Link FCO 20 kV Metode PDKB Sentuh Langsung*, di bawah bimbingan Sigit Sukmajati, S.T., M.T.

Fuse link pada Fuse Cut Out (FCO) merupakan komponen proteksi utama pada jaringan distribusi 20 kV yang berfungsi memutus arus lebih dan gangguan hubung singkat. Praktik penggantian fuse link dan tabung FCO di lapangan umumnya masih dilakukan dengan pemadaman jaringan, yang berdampak pada meningkatnya nilai SAIDI dan SAIFI serta menurunnya keandalan sistem distribusi. Selain itu, belum adanya standarisasi fuse link dari segi rating dan ukuran menimbulkan kendala operasional dan risiko gangguan berulang.

Penelitian ini bertujuan merancang, membuat, dan menguji alat inovasi TARING (Tabung Spring) sebagai alat bantu standarisasi dan penggantian tabung fuse link pada FCO jaringan distribusi 20 kV tanpa pemadaman, dengan menerapkan metode Pekerjaan Dalam Keadaan Bertegangan (PDKB) Sentuh Langsung. Metode penelitian meliputi tahap perancangan alat, pemilihan material isolasi, uji laboratorium, serta uji lapangan pada jaringan distribusi 20 kV di wilayah kerja PT PLN (Persero) UP3 Dumai. Hasil penelitian menunjukkan bahwa alat TARING mampu berfungsi sebagai pengganti sementara tabung FCO, menjaga kontinuitas aliran listrik selama proses pelepasan dan pemasangan fuse link. Pengujian laboratorium membuktikan material isolasi dan sistem pegas bekerja dengan aman dan stabil, sedangkan uji lapangan menunjukkan bahwa proses penggantian dan standarisasi fuse link dapat dilakukan tanpa pemadaman, dengan waktu kerja yang lebih singkat dibandingkan metode konvensional. Implementasi alat TARING berpotensi mengurangi kontribusi pekerjaan pemeliharaan terhadap nilai SAIDI dan SAIFI serta meningkatkan keselamatan dan efisiensi kerja petugas PDKB.

Dengan demikian, alat TARING dinyatakan layak digunakan sebagai inovasi pendukung pekerjaan PDKB Sentuh Langsung dan dapat menjadi solusi teknis untuk meningkatkan keandalan jaringan distribusi 20 kV di lingkungan PLN.

Kata kunci: TARING, Fuse Link, Fuse Cut Out (FCO), PDKB Sentuh Langsung, Keandalan Jaringan, SAIDI, SAIFI.

ABSTRACT

Rizki Mailani. *Design and Development of the TARING Tool for Standardization and Replacement of 20 kV FCO Fuse Links Using the Direct Live-Line Working Method (PDKB)*, Under the Supervision of Sigit Sukmajati, S.T., M.T..

The fuse link installed in a Fuse Cut Out (FCO) is a critical protection component in 20 kV distribution networks, designed to interrupt overcurrent and short-circuit faults. In conventional practice, fuse link and FCO tube replacement is commonly carried out by de-energizing the network, which negatively affects distribution reliability and increases SAIDI and SAIFI values. In addition, the lack of fuse link standardization in terms of rating and dimensions often causes operational difficulties and recurrent disturbances.

This study aims to design, develop, and evaluate an innovative tool named TARING (Tabung Spring) to enable standardization and replacement of fuse link tubes on 20 kV FCOs without network shutdown, by applying the Live Line Working (PDKB) contact method. The research methodology includes tool design, insulation material selection, laboratory testing, and field implementation on a 20 kV distribution network at PT PLN (Persero) UP3 Dumai.

The results indicate that the TARING tool can effectively function as a temporary replacement for the FCO tube, maintaining electrical continuity during fuse link removal and installation. Laboratory tests confirm that the insulation material and spring mechanism operate safely and reliably, while field tests demonstrate that fuse link replacement and standardization can be performed under energized conditions with shorter working time compared to conventional offline methods. The application of TARING has the potential to reduce maintenance-related outages, improve SAIDI and SAIFI performance, and enhance the safety and efficiency of live-line working personnel.

Therefore, the TARING tool is considered feasible as a supporting innovation for Live Line Working practices and represents an effective technical solution to improve the reliability of 20 kV distribution networks within PLN.

Keywords: TARING, Fuse Link, Fuse Cut Out (FCO), Live Line Working, Distribution Reliability, SAIDI, SAIFI.

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN.....	i
ABSTRAK.....	ii
<i>ABSTRACT</i>.....	iii
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR TABEL.....	vi
DAFTAR GAMBAR.....	vii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
1.5 Batasan Masalah.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Landasan Teori.....	5
2.1.1 Sistem Distribusi Tenaga Listrik.....	5
2.1.2 Fuse Cut Out Pada Jaringan Tegangan Menengah.....	5
2.1.3 Fuse Link.....	7
2.1.4 Jenis Pemeliharaan Tegangan Menengah.....	8
2.1.5 Pekerjaan Dalam Keadaan Bertegangan (PDKB).....	9
2.1.6 Jenis Metode PDKB.....	9
2.1.7 Prinsip Dasar PDKB Sentuh Langsung.....	10
2.1.8 Inovasi Alat Taring (Tabung Spring).....	10
2.2 Penelitian Dan Referensi Terkait.....	11
2.3 Kerangka Pemikiran.....	12
BAB III METODOLOGI.....	13
3.1 Lokasi Dan Waktu Penelitian.....	13
3.2 Material Dan Peralatan Penelitian.....	14
3.3 Metode Pengumpulan Data.....	14
3.4 Metode Perencanaan Penelitian.....	17
3.5 Tahapan Penelitian.....	18

3.5.1 Studi Literatur.....	18
3.5.2 Identifikasi Masalah.....	18
3.5.3 Perancangan Alat Inovasi.....	19
3.5.4 Uji Laboratorium.....	20
3.5.5 Cara Pemasangan Taring.....	20
3.6 Jadwal Penelitian.....	22
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	22
4.1 Hasil.....	21
4.1.1 Hasil Perancangan Alat Tabung Spring (Taring).....	21
4.1.2 Hasil Uji Laboratorium.....	22
4.1.3 Hasil Uji Lapangan Dengan PDKB Sentuh Langsung.....	23
4.1.4 Data Pendukung Keandalan Sistem (Data Gangguan,SAIDI dan SAIFI).....	28
4.2 Pembahasan.....	31
4.2.1 Pembahasan Perancangan Alat TARING.....	31
4.2.2 Pembahasan Uji Laboratorium.....	31
4.2.3 Pembahasan Uji Lapangan.....	31
4.2.4 Implikasi Terhadap Keandalan Sistem Distribusi.....	32
4.2.5 Implikasi Terhadap Keandalan Sistem Distribusi (Saidi Dan Saifi).....	35
4.2.6 Keterbatasan Penelitian.....	36
4.3 Analisis Dan Evaluasi Proyek.....	38
4.3.1 Analisis Teknis Kerja Alat TARING.....	38
4.3.2 Analisis Biaya Pembuatan Dan Efisiensi Ekonomis Alat TARING.....	39
4.3.3 Analisis Efisiensi Waktu dan Operasional.....	41
4.3.4 Analisis Risiko.....	41
4.3.5 Evaluasi Kinerja Teknis Alat TARING.....	45
4.3.6 Evaluasi Proses Implementasi di Lapangan.....	45
4.3.7 Evaluasi Aspek Keselamatan Kerja PDKB.....	46
4.3.8 Evaluasi Efektivitas Pemeliharaan Dan Standarisasi Fuse Link.....	46
4.3.9 Evaluasi Dampak terhadap Keandalan Sistem Distribusi.....	47
4.3.10 Evaluasi Pencapaian Tujuan Proyek.....	47
4.4 Kendala Dan Solusi.....	48
4.4.1 Kendala Pada Tahap Perencanaan Dan Perancangan.....	49

4.4.2 Kendala pada Tahap Pembuatan dan Perakitan Alat.....	49
4.4.3 Kendala Pada Tahap Pengujian.....	50
4.4.4 Kendala pada Tahap Implementasi Lapangan.....	50
4.4.5 Kendala Terkait Aspek Keselamatan Kerja.....	51
4.4.6 Kendala dalam Evaluasi Jangka Panjang.....	51
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	52
5.1 Kesimpulan.....	52
5.2 Saran.....	53
DAFTAR PUSTAKA.....	55
LAMPIRAN LAMPIRAN.....	57

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Rating Pelebur Fuse link Fco Transformator.....	8
Tabel 4.1. Implementasi TARING.....	26
Tabel 4.2. Standarisasi Fuse Link.....	27
Tabel 4.3. Prakiraan ENS Pekerjaan TARING.....	28
Tabel 4.4. Data Saidi Up3 Dumai.....	29
Tabel 4.5. Data Saifi Up3 Dumai.....	29
Tabel 4.6. Data Gangguan Up3 Dumai.....	30
Tabel 4.7. Rincian Anggaran Biaya Pembuatan TARING.....	34
Tabel 4.8. Identifikasi Risiko Dan Mitigasi.....	36
Tabel 4.9. Matriks Risiko.....	36

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Fuse Cut Out.....	6
Gambar 2. 2 Taring (Tabung Spring).....	11
Gambar 2. 3 Diagram Kerangka Pemikiran.....	13
Gambar 3. 1 Flowchart Penelitian.....	17
Gambar 3. 2 Desain Tabung Spring.....	19
Gambar 4. 1 Alat Taring (Tabung Spring).....	21
Gambar 4. 2 Hasil Pengujian Pipa PE.....	22
Gambar 4. 3 Proses Pemasangan Tabung Spring.....	24
Gambar 4. 4 Standarisasi Fuse Link Fco.....	25
Gambar 4. 5 TARING Sebagai Temporary Tabung FCO.....	25
Gambar 4. 6 Implementasi dengan PDKB Sentuh Langsung.....	26

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Jaringan distribusi tenaga listrik 20 kV memiliki peran penting dalam sistem penyediaan energi listrik karena berfungsi menyalurkan tenaga dari gardu induk menuju pelanggan. Keandalan sistem distribusi harus dijaga agar kontinuitas penyaluran energi tetap terjamin serta kualitas pelayanan kepada pelanggan tidak terganggu. Tingkat keandalan sistem distribusi umumnya diukur melalui parameter System Average Interruption Duration Index (SAIDI) dan System Average Interruption Frequency Index (SAIFI). Nilai SAIDI dan SAIFI yang tinggi menunjukkan tingkat keandalan yang rendah sehingga diperlukan upaya perbaikan khususnya pada aspek operasi dan pemeliharaan jaringan.

Salah satu peralatan proteksi penting pada jaringan distribusi 20 kV adalah Fuse Cut Out (FCO) yang berfungsi melindungi transformator distribusi dan jaringan dari arus lebih maupun gangguan hubung singkat. FCO menggunakan fuse link sebagai elemen pemutus utama yang akan meleleh ketika arus gangguan melebihi arus nominalnya. Oleh karena itu, pemilihan kapasitas arus fuse link harus sesuai dengan standar dan koordinasi proteksi sistem.

Namun pada kondisi lapangan, petugas sering mengalami keterbatasan ketersediaan material fuse link sesuai arus nominal transformator. Akibatnya, saat terjadi gangguan atau saat penggantian, fuse link yang terpasang sering menggunakan material yang tersedia meskipun tidak sesuai spesifikasi. Hal ini menyebabkan fuse link antar fasa tidak seragam serta tidak sesuai koordinasi proteksi. Dampaknya antara lain:

1. Proteksi tidak selektif (mudah putus atau justru tidak bekerja saat gangguan),
2. Terjadinya gangguan berulang pada jaringan,
3. Kerusakan peralatan distribusi,
4. Meningkatnya nilai SAIDI dan SAIFI.

Selain permasalahan standarisasi, proses penggantian fuse link umumnya masih dilakukan dengan pemadaman jaringan. Meskipun aman bagi petugas, metode ini mengakibatkan pelanggan mengalami gangguan suplai listrik. Untuk mengatasi hal tersebut, PLN menerapkan metode Pekerjaan Dalam Keadaan Bertegangan (PDKB) Sentuh Langsung (Contact Method) agar pemeliharaan dapat dilakukan tanpa memutuskan aliran listrik. Namun dalam pelaksanaannya, petugas masih mengalami kesulitan dalam

melakukan penggantian sekaligus memastikan keseragaman fuse link secara aman dan praktis.

Berdasarkan permasalahan tersebut, diperlukan suatu alat bantu yang tidak hanya dapat digunakan dalam pekerjaan PDKB, tetapi juga mendukung standarisasi fuse link di lapangan. Oleh karena itu dikembangkan alat TARING (Tabung Spring) yang dirancang menggunakan mekanisme pegas dan material isolator untuk membantu pemasangan serta standarisasi fuse link pada FCO jaringan distribusi 20 kV secara aman, cepat, dan tanpa pemadaman.

Melalui penerapan alat TARING diharapkan petugas dapat memastikan keseragaman fuse link sesuai arus nominal transformator saat pekerjaan berlangsung, sehingga koordinasi proteksi menjadi lebih baik. Inovasi ini diharapkan mampu menurunkan frekuensi gangguan, meningkatkan keandalan jaringan distribusi, menekan nilai SAIDI dan SAIFI, serta meningkatkan keselamatan kerja petugas PDKB.

Penelitian ini berfokus pada proses perancangan, pembuatan, dan pengujian alat TARING agar dapat diimplementasikan secara efektif pada pekerjaan pemeliharaan jaringan distribusi 20 kV di lingkungan PLN.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang, permasalahan yang diangkat dalam penelitian ini dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Bagaimana bentuk dan prinsip kerja alat TARING (Tabung Spring) yang dapat digunakan untuk standarisasi serta penggantian tabung fuse link pada FCO jaringan distribusi 20 kV secara aman, efisien dan tanpa memadamkan jaringan listrik?
2. Bagaimana memastikan alat TARING memenuhi aspek keselamatan kerja sesuai standar PDKB Sentuh Langsung?
3. Bagaimana kinerja alat TARING dalam mendukung peningkatan keandalan sistem distribusi melalui pengurangan waktu padam (SAIDI) dan frekuensi gangguan (SAIFI)?

Rumusan masalah utama penelitian ini adalah:

Bagaimana merancang dan mengimplementasikan alat TARING (Tabung Spring) sebagai solusi untuk standarisasi dan penggantian tabung fuse link pada FCO jaringan distribusi 20 kV dengan metode PDKB Sentuh Langsung, sehingga dapat meningkatkan efisiensi pekerjaan dan keandalan sistem distribusi tenaga listrik.

1.3 Tujuan Penelitian

Melihat rumusan masalah di atas, penelitian ini bertujuan untuk :

1. Merancang dan menghasilkan desain alat TARING yang memiliki bentuk, mekanisme, dan prinsip kerja yang memungkinkan penggantian dan standarisasi tabung fuse link pada FCO 20 kV dilakukan secara aman, cepat, dan tanpa pemadaman jaringan.
2. Memastikan dan menguji bahwa alat TARING telah memenuhi aspek keselamatan kerja sesuai dengan standar dan prosedur PDKB Sentuh Langsung, termasuk persyaratan isolasi, ergonomi, dan keamanan operator.
3. Menguji kinerja alat TARING terhadap:
 1. efektivitas waktu kerja,
 2. peningkatan keselamatan petugas, dan
 3. kontribusinya dalam mengurangi SAIDI dan SAIFI

Sehingga terbukti mampu mendukung peningkatan keandalan sistem distribusi

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Bagi PLN: Sebagai inovasi teknis untuk meningkatkan keandalan sistem distribusi melalui metode pemeliharaan tanpa pemadaman.
2. Bagi Petugas PDKB: Mempermudah proses standarisasi dan penggantian tabung fuse link dengan cara yang aman dan efisien.
3. Bagi Akademisi: Sebagai bahan kajian dalam pengembangan inovasi di bidang sistem distribusi tenaga listrik.
4. Bagi Pelanggan: Memberikan pelayanan listrik yang lebih handal melalui berkurangnya frekuensi dan durasi padam selama pekerjaan pemeliharaan.

1.5 Batasan Masalah

Untuk menjaga fokus penelitian, batasan masalah ditetapkan sebagai berikut:

1. Kajian difokuskan pada pengembangan dan penerapan alat TARING (Tabung Spring) sebagai alat bantu dalam standarisasi dan penggantian tabung fuse link pada FCO jaringan distribusi 20 kV.
2. Metode kerja yang digunakan adalah PDKB Sentuh Langsung, tidak membahas metode berjarak atau potensial.
3. Pembahasan difokuskan pada aspek mekanik, sistem pegas, dan fungsi alat, tanpa analisis kelistrikan jaringan secara mendalam.
4. Pengujian dilakukan dalam skala lapangan terbatas pada jaringan distribusi 20 kV standar PLN.

5. Aspek keselamatan mengikuti SOP dan IK PDKB Sentuh Langsung dengan asumsi petugas telah bersertifikat.

Dengan batasan ini, penelitian diharapkan terarah dan menghasilkan alat yang aman, efisien, serta aplikatif untuk mendukung peningkatan keandalan jaringan distribusi 20 kV.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Landasan Teori

2.1.1 Sistem Distribusi Tenaga Listrik

Sistem distribusi tenaga listrik merupakan tahapan akhir dari sistem tenaga listrik yang menyalurkan energi dari gardu induk menuju pelanggan. Sistem distribusi memiliki peran penting karena berhubungan langsung dengan keandalan pelayanan kepada pelanggan. Jaringan distribusi 20 kV (tegangan menengah) merupakan sistem tiga fasa yang umumnya disusun dalam bentuk jaringan radial atau loop.

Tujuan utama dari sistem distribusi adalah:

1. Menyalurkan energi listrik dengan kualitas dan kontinuitas yang baik,
2. Menyediakan proteksi yang andal terhadap gangguan,
3. Memastikan keamanan operasi bagi personel maupun peralatan, dan
4. Menjaga efisiensi penyaluran tenaga listrik.

Keandalan sistem distribusi diukur menggunakan dua parameter utama, yaitu: SAIDI (System Average Interruption Duration Index): menunjukkan rata-rata lama gangguan yang dialami pelanggan selama periode tertentu (menit/pelanggan).

SAIFI (System Average Interruption Frequency Index): menunjukkan rata-rata frekuensi gangguan yang dialami pelanggan (kali/pelanggan).

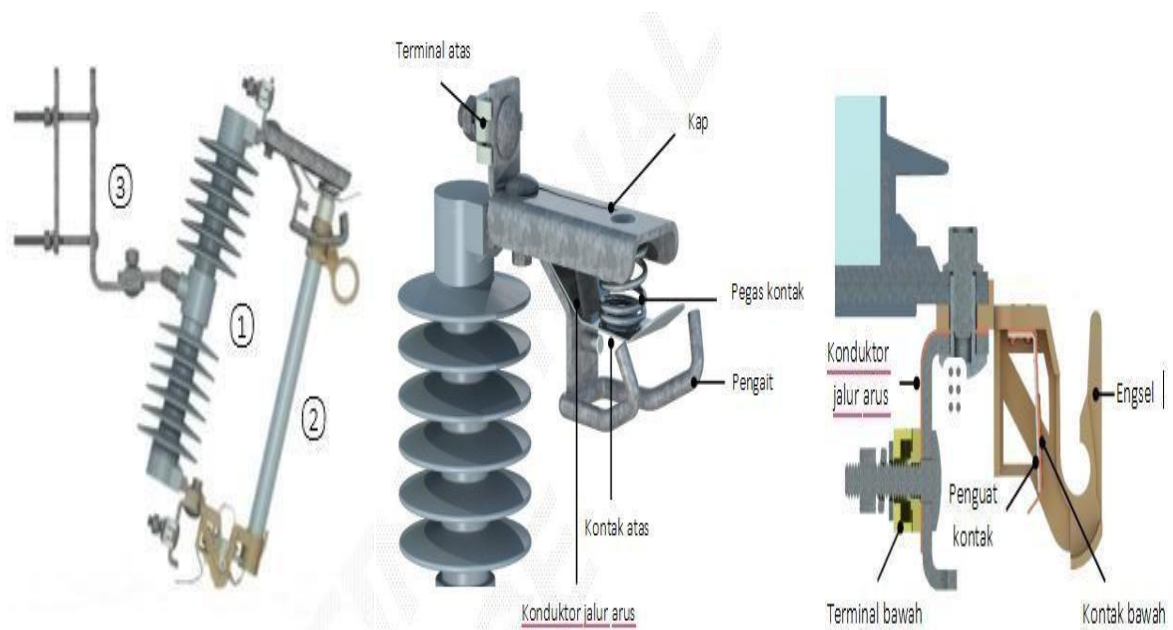
Nilai SAIDI dan SAIFI yang tinggi menandakan rendahnya keandalan sistem, sehingga dibutuhkan upaya pemeliharaan yang cepat dan efektif, termasuk melalui metode Pekerjaan Dalam Keadaan Bertegangan (PDKB).

2.1.2 Fuse Cut Out pada Jaringan Tegangan Menengah

Fuse Cut Out (FCO) merupakan salah satu komponen penting dalam sistem distribusi tenaga listrik tegangan menengah 20 kV. Alat ini berfungsi sebagai proteksi utama terhadap gangguan arus lebih (overcurrent) dan gangguan hubung singkat yang terjadi pada jaringan distribusi maupun transformator distribusi. FCO terdiri dari dua bagian utama, yaitu holder (rumah fuse) dan fuse link (kawat sekering) yang dirancang untuk meleleh ketika arus yang mengalir melebihi batas toleransi.

Penggunaan FCO tidak hanya untuk melindungi peralatan tetapi juga menjaga keandalan dan kontinuitas pasokan listrik kepada pelanggan. Dalam banyak kasus, FCO juga bertindak sebagai pengaman terhadap gangguan eksternal seperti sambaran petir atau benda asing yang menyebabkan lonjakan arus secara tiba-tiba. FCO mampu memutuskan sambungan secara cepat dan otomatis, sehingga mengisolasi gangguan tanpa memengaruhi sistem secara keseluruhan.

Menurut IEEE Std C37.41-2016 dan referensi teknis lainnya, FCO dipasang pada saluran udara sebagai pengaman terdepan sebelum masuk ke transformator distribusi atau peralatan pelanggan dan menjadi bagian penting dari sistem proteksi berlapis pada jaringan distribusi PLN. *Fuse Cut Out* dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1. Fuse Cut Out

FCO terdiri dari beberapa bagian utama, yaitu:

1. Bodi isolator: Berfungsi sebagai penopang tabung fuse link dan sebagai isolator antara konduktor bertegangan dengan tanah.
2. Tabung fuse link: Tempat fuse link dipasang. Tabung ini dirancang untuk dapat dilepas dan diganti dengan aman.
3. Fuse link (kawat lebur): Elemen yang akan meleleh saat terjadi arus lebih sehingga memutuskan aliran listrik.
4. Terminal penghubung dan pengait operasi: Digunakan untuk pemasangan dan pelepasan fuse link dengan tongkat isolasi atau alat bantu lainnya.

FCO memiliki dua fungsi utama, yaitu:

1. Sebagai sakelar pemutus manual (switching device), yang dapat digunakan untuk

memutus atau menyambung jaringan.

2. Sebagai alat proteksi otomatis, karena fuse link di dalamnya akan bekerja memutus aliran listrik ketika terjadi gangguan arus lebih.

2.1.3 Fuse Link

Fuse link adalah elemen pengaman utama yang bekerja berdasarkan prinsip pemanasan resistif (Joule heating). Saat arus yang mengalir melebihi batas nominal, kawat lebur (fuse element) di dalam fuse link akan meleleh, menyebabkan pemutusan arus listrik dan mencegah kerusakan pada peralatan lain.

Salah satu alat proteksi utama yang digunakan adalah *fuse link* yang dipasang pada tabung FCO. *Fuse link* bekerja berdasarkan prinsip termal dan elektromagnetik kawat akan meleleh ketika arus melebihi batas yang ditentukan, sehingga memutus aliran dan mengisolasi gangguan agar tidak merusak transformator.

Pemilihan ukuran *fuse link* disesuaikan dengan kapasitas beban transformator serta arus gangguan maksimum yang dapat ditoleransi, dengan rumus teknis sebagai berikut:

$$= \frac{I_n}{\sqrt{3}} \quad (2.1)$$

Keterangan :

1. I_n = arus nominal *fuse link* (Ampere)
2. S = kapasitas transformator (Volt Ampere)
3. V_n = tegangan nominal (Volt)

Dengan penggunaan *fuse link* yang sesuai, FCO akan mengamankan transformator dari kerusakan yang bisa mengakibatkan padam meluas dan kerugian operasional. Penggunaan FCO dengan *fuse link* yang tepat juga meminimalkan risiko kerusakan total pada transformator, sehingga memperpanjang usia peralatan dan menghemat biaya investasi. Tabel *rating* pelebur *fuse link* FCO transformator dapat dilihat pada tabel 2.1.

Tabel 2.1. Rating Pelebur Fuse Link FCO Transformator

No	Daya Trafo	Arus Primer Trafo		<i>Rating Fuse Link</i>
Satu Fasa (231 Volt)		In	1.2 x In	
1	16	1.39	1.66	2
2	25	2.17	2.60	3
3	50	4.33	5.20	5
Tiga Fasa (400 Volt)				
1	25	0.72	0.86	2
2	50	1.44	1.73	2
3	100	2.89	3.46	4
4	160	4.62	5.54	6
5	200	5.77	6.93	7
6	250	7.22	8.64	10
7	315	9.09	10.91	12
8	400	11.55	13.86	14
9	500	14.43	17.32	18
10	630	18.19	21.82	22
11	800	23.09	27.71	28
12	1000	28.87	34.64	35

Karakteristik Fuse Link pada Sistem Distribusi Fuse link berfungsi sebagai elemen pengaman yang akan memutus aliran listrik ketika terjadi arus lebih atau hubung singkat. Kinerja fuse link sangat dipengaruhi oleh kesesuaian rating dengan kapasitas transformator yang dilindungi. Fuse link yang terlalu kecil akan mudah putus meskipun tidak terjadi gangguan, sedangkan fuse link yang terlalu besar dapat gagal melindungi peralatan. Ketidakteraturan penggunaan fuse link di lapangan sering menjadi penyebab gangguan berulang pada jaringan distribusi. Oleh karena itu diperlukan upaya standarisasi untuk

memastikan setiap gardu menggunakan fuse link sesuai spesifikasi teknis.

2.1.4 Jenis Pemeliharaan Jaringan Tegangan Menengah

Pemeliharaan jaringan tegangan menengah adalah serangkaian kegiatan yang dilakukan untuk memastikan kelancaran operasional sistem kelistrikan. Pemeliharaan ini bertujuan untuk menjaga keandalan, keamanan, dan efisiensi dari infrastruktur kelistrikan yang dikelola. Berikut ini adalah beberapa jenis pemeliharaan jaringan tegangan menengah di PLN:

1. **Pemeliharaan Rutin**

PLN melakukan pemeliharaan rutin secara berkala pada peralatan dan jaringan listrik. Pemeliharaan rutin ini meliputi pemeriksaan, pengujian, dan pembersihan terhadap peralatan seperti transformator, *switchgear*, jaringan kabel, gardu distribusi dan lainnya. Tujuannya adalah untuk mendeteksi dan mencegah kemungkinan gangguan atau kerusakan pada sistem kelistrikan.

2. **Pemeliharaan Preventif**

PLN juga melakukan pemeliharaan preventif untuk mencegah terjadinya kerusakan atau gangguan pada peralatan listrik. Pemeliharaan preventif ini melibatkan inspeksi berkala, penggantian komponen yang sudah tua atau rusak, pelumasan peralatan, serta pengujian fungsi dan performa sistem secara berkala.

3. **Pemeliharaan Korektif**

Ketika terjadi kerusakan atau gangguan pada sistem kelistrikan, PLN melakukan pemeliharaan perbaikan. Tim teknisi PLN akan dikerahkan untuk mengidentifikasi dan memperbaiki masalah tersebut. Pemeliharaan perbaikan ini meliputi penggantian komponen yang rusak, perbaikan atau penggantian kabel yang terputus, perbaikan pada gardu distribusi, dan lainnya.

4. **Pemeliharaan Darurat**

PLN juga siap menghadapi situasi darurat seperti bencana alam atau kejadian tak terduga lainnya yang dapat mengganggu pasokan listrik. Dalam situasi darurat, PLN akan melakukan pemeliharaan darurat dengan mengutamakan pemulihan pasokan listrik sesegera mungkin. Hal ini melibatkan penanganan kegagalan peralatan secara cepat, pemulihan jaringan yang terganggu, dan koordinasi dengan pihak terkait untuk memastikan penanganan yang efektif.

2.1.5 Pekerjaan Dalam Keadaan Bertegangan (PDKB)

PDKB (Live Line Maintenance) adalah metode pemeliharaan jaringan listrik yang dilakukan saat sistem masih bertegangan. Tujuan utama PDKB adalah memastikan

keandalan pasokan listrik tetap terjaga dengan melakukan pekerjaan tanpa menyebabkan pemadaman.

Metode PDKB sangat efektif diterapkan pada sistem distribusi 20 kV karena memungkinkan pekerjaan seperti penggantian fuse link, perbaikan konektor, atau pemeliharaan isolator dilakukan tanpa gangguan pelayanan pelanggan.

2.1.6 Jenis Metode PDKB

1. Metode Berjarak (Distance Method): Petugas menggunakan tongkat isolasi untuk menjaga jarak aman dari konduktor bertegangan.
2. Metode Sentuh Langsung (Contact Method): Metode pemeliharaan jaringan listrik yang memungkinkan petugas menyentuh langsung konduktor bertegangan menggunakan alat dan perlengkapan khusus yang bersifat isolasi.
3. Metode Potensial: Petugas bekerja pada peralatan dengan tegangan yang sama dengan konduktor yang sedang dikerjakan.

Dari ketiga metode tersebut, PDKB Sentuh Langsung merupakan metode yang paling efektif untuk pekerjaan yang membutuhkan ketelitian tinggi, seperti penggantian fuse link FCO.

2.1.7 Prinsip Dasar PDKB Sentuh Langsung

PDKB sentuh langsung adalah metode kerja pemeliharaan jaringan listrik yang masih bertegangan, yang dilakukan dengan kontak langsung antara personel (melalui alat pelindung khusus) dan jaringan listrik

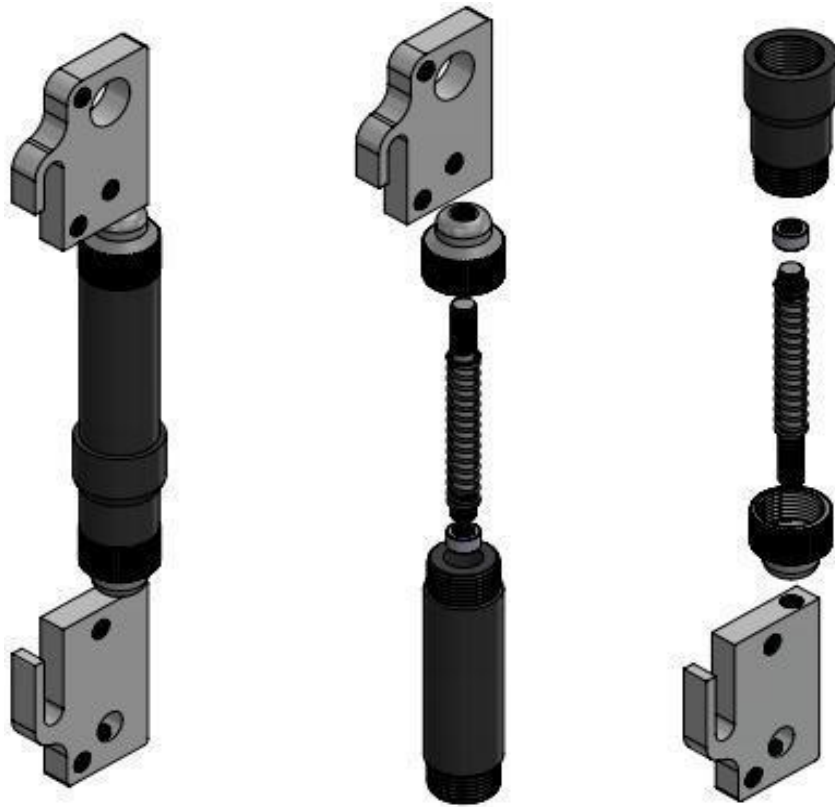
Kelebihan metode PDKB Sentuh Langsung:

1. Tidak menimbulkan pemadaman pelanggan,
2. Waktu kerja lebih efisien,
3. Aman jika dilakukan sesuai prosedur, dan
4. Memungkinkan pekerjaan pada posisi yang sulit dijangkau metode lain.

Namun demikian, metode ini menuntut petugas yang kompeten, disiplin, serta penggunaan alat bantu kerja yang telah teruji secara kelistrikan dan mekanik.

2.1.8 Inovasi Alat TARING (Tabung Spring)

TARING (Tabung Spring) adalah alat bantu yang digunakan untuk pekerjaan pemeliharaan Fuse Cut Out (FCO) baik pada gardu distribusi maupun di jaringan. Prinsip kerja TARING yaitu sebagai sambungan langsung sementara (temporary by pass) yang dapat menggantikan fungsi tabung sekering FCO. TARING dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2. TARING (TABUNG SPRING)

Taring dibuat dari material pipa polyethylene (PE) dengan panjang 12,5 cm dan berdiameter 3 cm. Terdiri dari plat besi tebal, arc shortening rod dan spring. TARING dapat digunakan dalam pekerjaan seperti:

1. Standarisasi fuse link (rating fuse link)
2. Sebagai FCO sementara (temporary bypass)

Dengan adanya Taring pekerjaan pemeliharaan FCO khususnya penggantian *fuse link* tidak perlu lagi dilakukan pemadaman gardu sebelum pemeliharaan. Sehingga dengan di implementasikannya inovasi ini memiliki manfaat seperti :

1. Meningkatkan keandalan sistem distribusi: Mencegah kerusakan *transformator* akibat penggunaan *fuse link* dengan *rating* yang tidak sesuai
2. Efisiensi operasional: Mengurangi kehilangan energi (kWh) dan menghemat biaya operasional (rupiah).
3. Peningkatan kinerja SAIDI dan SAIFI: Menurunkan angka pemadaman dan durasi gangguan, mendukung kinerja PLN dalam indikator keandalan listrik.
4. Meningkatkan kepuasan pelanggan: Proses pemeliharaan tanpa padam meningkatkan kepercayaan dan citra perusahaan di mata pelanggan.
5. Praktis dan *portabel*: Alat ringan dan mudah dibawa ke lokasi, mendukung respon

cepat tim teknik di lapangan.

Potensi replikasi: TARING dapat diimplementasikan secara luas di seluruh wilayah kerja PLN maupun perusahaan distribusi listrik lainnya di Indonesia, sebagai bagian dari standar baru pemeliharaan jaringan tanpa padam.



Ultra High Molecular Weight Polyethylene (UHMWPE)

UHMWPE is light weight (1/8 the weight of steel), high tensile strength, and is easily machined. It is the ideal material for many wear parts in machinery and equipment as well as a superb lining in material handling systems and storage containers. UHMWPE is self-lubricating, chatter resistant, long-wearing, abrasion and corrosion resistant. It meets FDA and USDA acceptance for food and pharmaceutical equipment and is a good performer in applications up to 180 °F (82 °C) or when periodically cleaned with live steam or boiling water to sterilize.

TYPICAL PROPERTIES of POLYETHYLENE				
ASTM or UL test	Property	LDPE	HDPE	UHMW
PHYSICAL				
D792	Density (lb/in ³) (g/cm ³)	0.033 0.92	0.035 0.96	0.034 0.93
D570	Water Absorption, 24 hrs (%)	<0.01	<0.01	<0.01
MECHANICAL				
D638	Tensile Strength (psi) at 72°F	1,400	4,600	5,800
D638	Tensile Strength (psi) at 150°F	400	400	400
D638	Tensile Modulus (psi)	57,000	200,000	80,000
D638	Tensile Elongation at Break (%)	100	400	300
D790	Flexural Strength at Yield (psi)	1,500	4,600	3,500
D790	Flexural Modulus (psi)	29,000	174,000	88,000
D695	Compressive Strength (psi)	1,400	4,600	3,000
D695	Compressive Modulus (psi)	54,000	100,000	80,000
D732	Shear Strength (psi)	-	-	3,000
D785	Hardness, Shore D	D45	D69	D62-D66
D256	IZOD Notched Impact (ft-lb/in)	No Break	1.3	No Break
THERMAL				
D696	Coefficient of Linear Thermal Expansion (x 10 ⁻⁵ in./in./°F)	-	6	11
D648	Heat Deflection Temp (°F / °C) at 66 psi at 264 psi	120 / 48 116 / 46	170 / 76 176 / 80	203 / 95 180 / 82
D3418	Approx. Melting Temperature (°F / °C)	244 / 118	260 / 125	275 / 136
-	Max Operating Temp (°F / °C)	160 / 71	180 / 82	180 / 82
C177	Thermal Conductivity (BTU-in/ft ² -hr-°F) (x 10 ⁻³ cal/cm-sec-°C)	-	-	2.84 10.0
UL94	Flammability Rating	HB	HB<	HB
ELECTRICAL				
D149	Dielectric Strength (V/mil) short time, 1/8" thick	460-700	450-500	2300
D150	Dielectric Constant at 1 MHz	2.25- 2.30	2.30- 2.35	2.30- 2.35
D150	Dissipation Factor at 1 kHz	0.0002	0.0002	0.0005
D257	Surface Resistivity (ohm/square) at 50% RH	> 10 ¹⁵	> 10 ¹⁵	> 10 ¹⁵
D495	Arc Resistance (sec)	135-160	200-250	250-350

Benefits

- Durability
- Easily fabricated
- Chemical resistance
- Abrasion resistance
- Electrical properties
- Impact resistance
- Low coefficient of friction
- Moisture resistance

Applications

- Tanks and containers
- Food storage containers
- Laboratory equipment
- Disposable formed products
- Surface structures
- Vacuum formed end caps and tops
- Moisture barrier

NOTE: The information contained herein are typical values intended for reference and comparison purposes only. They should NOT be used as a basis for design specifications or quality control. Contact us for manufacturers' complete material property datasheets.
All values at 73°F (23°C) unless otherwise noted.

Gambar 2.3. Karakteristik Bahan PE

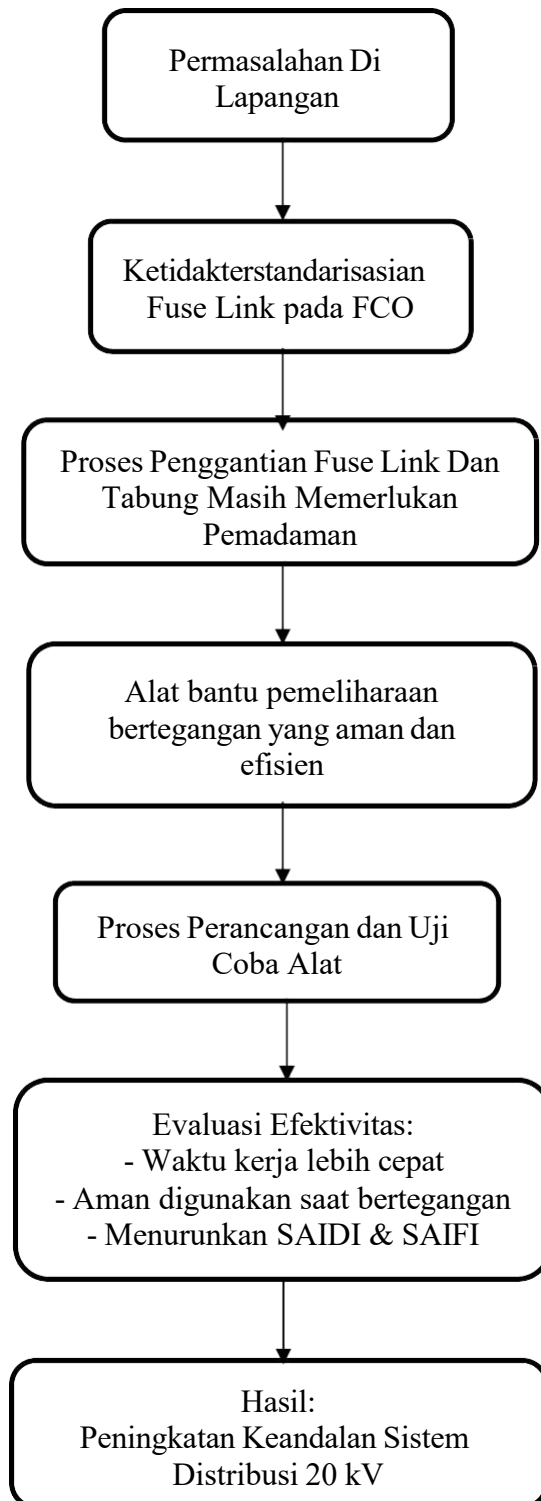
2.2 Penelitian dan Referensi Terkait

Beberapa penelitian terdahulu mendukung pengembangan teknologi pemeliharaan tanpa padam:

1. Sugiarto (2019) meneliti penerapan metode PDKB Sentuh Langsung dalam penggantian peralatan distribusi, dan terbukti mampu menurunkan nilai SAIDI hingga 30%.
2. Ardiansyah (2021) mengembangkan alat bantu isolasi mekanik untuk pekerjaan PDKB yang meningkatkan efisiensi waktu kerja hingga 25%.
3. PLN UIP3B Sumatera (2023) melaporkan inovasi alat bantu penggantian fuse link yang lebih ringan dan ergonomis, namun belum sepenuhnya mendukung standarisasi fuse link antar unit distribusi.

Dari hasil penelitian tersebut, dikembangkan alat TARING sebagai solusi lanjutan yang menyatukan fungsi standarisasi fuse link dan penggantian tabung fuse link secara bersamaan, sekaligus mendukung metode PDKB Sentuh Langsung.

2.3 Kerangka Pemikiran



Gambar 2.3. Diagram Kerangka Pemikiran

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada jaringan distribusi tenaga listrik tegangan menengah 20 kV di wilayah kerja PT PLN (Persero) UP3 Dumai. Pemilihan lokasi penelitian didasarkan pada beberapa pertimbangan utama. Pertama, wilayah tersebut memiliki tingkat beban dan kompleksitas jaringan yang relatif tinggi, sehingga keberadaan Fuse Cut Out (FCO) dan fuse link dengan berbagai rating sangat dominan. Kedua, terdapat unit Pekerjaan Dalam Keadaan Bertegangan (PDKB) dengan metode sentuh langsung yang sudah beroperasi secara rutin dan memiliki personil bersertifikat. Hal ini penting untuk menjamin keselamatan kerja dan validitas penelitian.

Selain itu, pemilihan lokasi juga didasarkan pada faktor aksesibilitas dan ketersediaan data. Wilayah penelitian memiliki data historis gangguan, data operasi, serta laporan SAIDI (System Average Interruption Duration Index) dan SAIFI (System Average Interruption Frequency Index) yang cukup lengkap. Data tersebut sangat diperlukan untuk menganalisis dampak inovasi alat standarisasi fuse link terhadap peningkatan keandalan jaringan distribusi.

Waktu penelitian direncanakan berlangsung selama enam bulan, dimulai dari tahap studi literatur, perancangan alat inovasi, uji laboratorium, hingga implementasi lapangan. Secara lebih rinci, tahapan waktu penelitian dibagi menjadi:

Bulan pertama – Studi literatur, pengumpulan data awal

Bulan kedua – Identifikasi Masalah.

Bulan ketiga – Perancangan Alat Inovasi Taring.

Bulan keempat – Uji coba di laboratorium dan evaluasi awal.

Bulan kelima – Uji Lapangan (Simulasi PDKB Sentuh Langsung) & Penyempurnaan

Bulan keenam – Analisis, evaluasi, dan penyusunan laporan akhir.

3.2 Material dan Peralatan Penelitian

Material dan peralatan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari:

Fuse Link dengan berbagai rating – Digunakan untuk simulasi perbedaan kapasitas pengaman dan kebutuhan standarisasi pada FCO. Rating yang digunakan antara lain 2 A, 5 A, 10 A, 15 A, 20 A, hingga 25 A.

Fuse Cut Out (FCO) standar 20 kV – Digunakan sebagai media uji coba untuk pemasangan dan pelepasan fuse link.

Tabung Spring alat inovasi standarisasi fuse link – Alat hasil rancangan penelitian yang dirancang khusus agar dapat membantu petugas PDKB melakukan pekerjaan dengan aman dan seragam.

Peralatan PDKB sentuh langsung, yang meliputi:

1. APD khusus PDKB.
2. Boom truck isolasi dan tangga isolasi.
3. Peralatan pendukung lainnya.

Instrumen pengukuran dan dokumentasi, seperti tang ampere, multimeter, alat ukur tahanan isolasi, serta kamera untuk dokumentasi proses.

Pemilihan bahan dan peralatan mempertimbangkan standar teknis yang berlaku, keamanan, kemudahan penggunaan, serta ketersediaannya di lapangan.

Material Isolasi pada Peralatan Distribusi Material isolasi memiliki peran penting dalam menjaga keselamatan kerja dan keandalan peralatan listrik. Bahan polyethylene banyak digunakan karena memiliki sifat isolasi listrik yang baik, ringan, serta tahan terhadap kelembaban dan kondisi lingkungan luar ruang. Penggunaan material ini pada alat TARING bertujuan untuk memberikan perlindungan terhadap tegangan listrik sekaligus menjaga kemudahan penggunaan oleh petugas saat pekerjaan berlangsung.

3.3 Metode Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan untuk memperoleh data yang akurat dan relevan guna mendukung proses perancangan, pengujian, serta evaluasi kinerja alat TARING (Tabung Spring). Data yang dikumpulkan terdiri dari data primer dan data sekunder dengan metode sebagai berikut:

1. Observasi Lapangan

Observasi dilakukan dengan pengamatan langsung di lapangan terhadap kondisi Fuse Cut Out (FCO), fuse link, serta proses pemeliharaan dan penggantian fuse link baik secara konvensional maupun dengan metode PDKB Sentuh Langsung.

2. Wawancara

Wawancara dilakukan kepada petugas PDKB, pengawas lapangan, dan personel teknis untuk memperoleh informasi mengenai kendala teknis, kebutuhan alat bantu, dan efektivitas pekerjaan di lapangan.

3. Dokumentasi

Dokumentasi dilakukan dengan mengumpulkan data laporan gangguan, data SAIDI dan SAIFI, laporan pemeliharaan, serta foto dan video proses penelitian sebagai data pendukung.

4. Pengujian Alat

Pengujian alat TARING dilakukan untuk memperoleh data terkait fungsi mekanik, kemudahan penggunaan, dan tingkat keamanan alat pada simulasi pekerjaan PDKB Sentuh Langsung.

3.4 Teknik Analisis Data

Teknik analisis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah analisis deskriptif kualitatif dan kuantitatif yang disesuaikan dengan tujuan penelitian.

1. Analisis Deskriptif Teknis

Data hasil observasi, wawancara, dan pengujian dianalisis untuk menjelaskan prinsip kerja alat TARING, kesesuaian desain, serta aspek keselamatan dan keandalan alat.

2. Analisis Perbandingan Metode

Dilakukan perbandingan antara metode offline dengan metode PDKB Sentuh Langsung menggunakan alat TARING berdasarkan waktu kerja, risiko keselamatan, dan dampak terhadap kontinuitas penyaluran listrik.

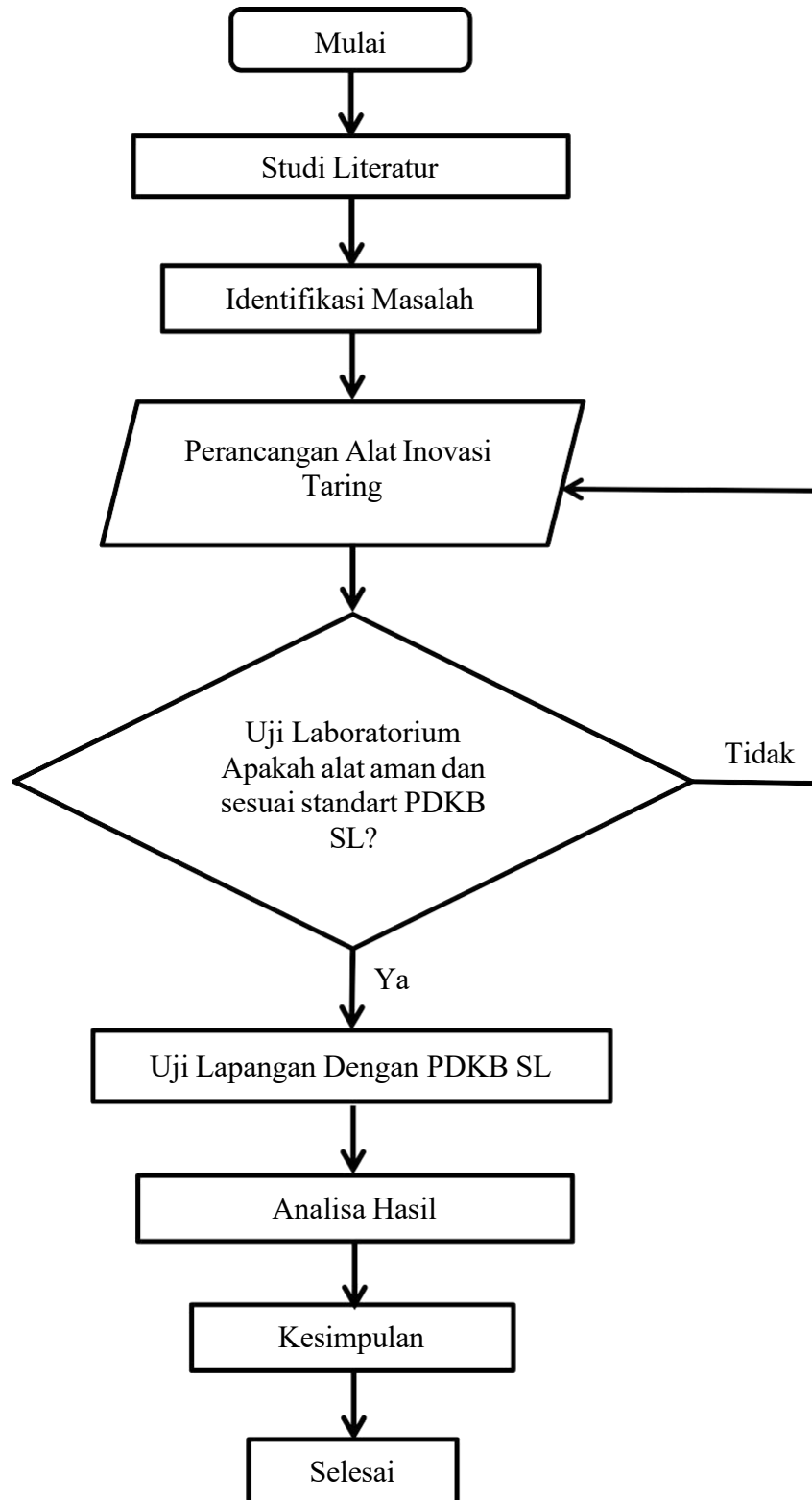
3. Analisis Keandalan Jaringan

Analisis dilakukan terhadap data SAIDI dan SAIFI untuk menilai potensi penurunan durasi dan frekuensi padam akibat penerapan alat TARING.

4. Analisis Kelayakan Alat

Hasil analisis digunakan untuk menentukan kelayakan alat TARING sebagai alat bantu resmi dalam pekerjaan PDKB Sentuh Langsung di lingkungan PLN.

3.5 Metode Perencanaan Penelitian



Gambar 3. 1 Flowchart Penelitian

Dari gambar di atas menunjukkan bahwa penelitian dilakukan secara sistematis dan berkesinambungan, dimulai dari studi teori hingga pengujian langsung di lapangan, untuk menghasilkan solusi inovatif yang dapat meningkatkan keandalan jaringan distribusi tenaga listrik

3.5 Tahapan Penelitian

Metodologi penelitian ini disusun secara sistematis melalui beberapa tahapan utama, yaitu:

3.5.1 Studi Literatur

Mengkaji teori dan standar teknis yang berkaitan dengan fuse link, FCO, proteksi sistem distribusi, indeks keandalan (SAIDI dan SAIFI), serta metode PDKB. Studi literatur juga mencakup penelitian-penelitian terdahulu mengenai inovasi di bidang pemeliharaan jaringan distribusi.

3.5.2 Identifikasi Masalah

Pembuatan inovasi TARING dilatarbelakangi oleh sejumlah permasalahan teknis dan operasional yang selama ini terjadi dalam kegiatan pemeliharaan jaringan distribusi, khususnya terkait dengan penggunaan dan penggantian FCO serta *fuse link*. Adapun permasalahan yang teridentifikasi adalah sebagai berikut:

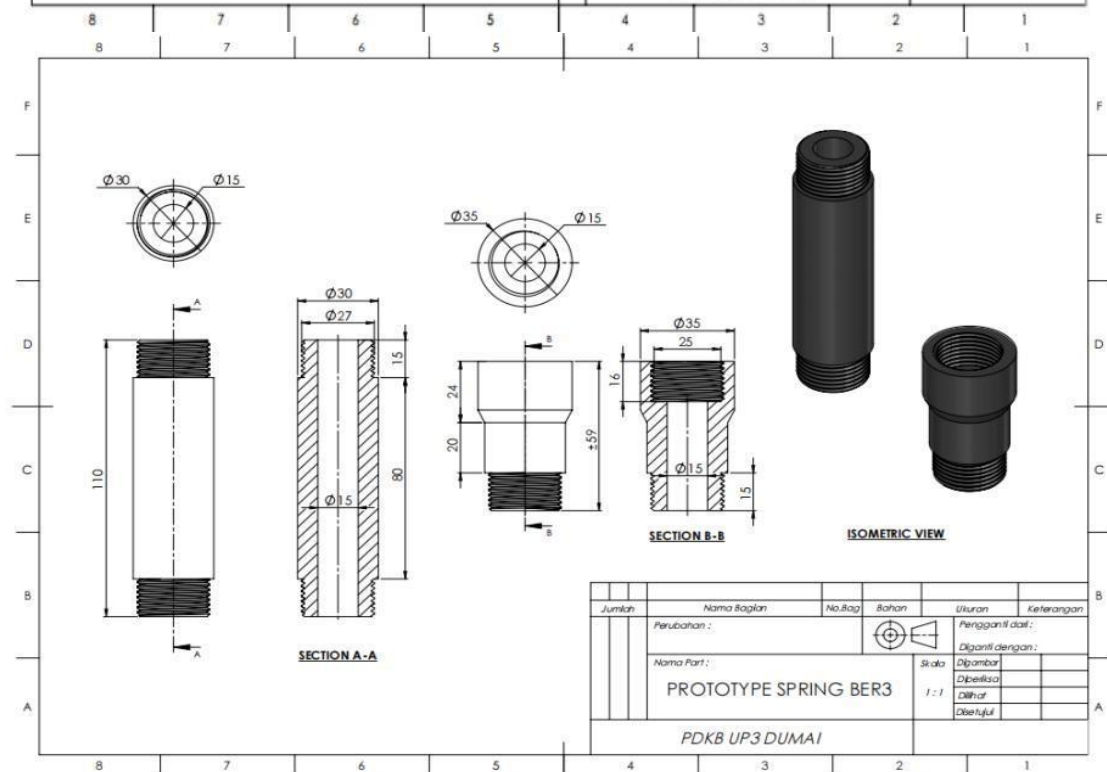
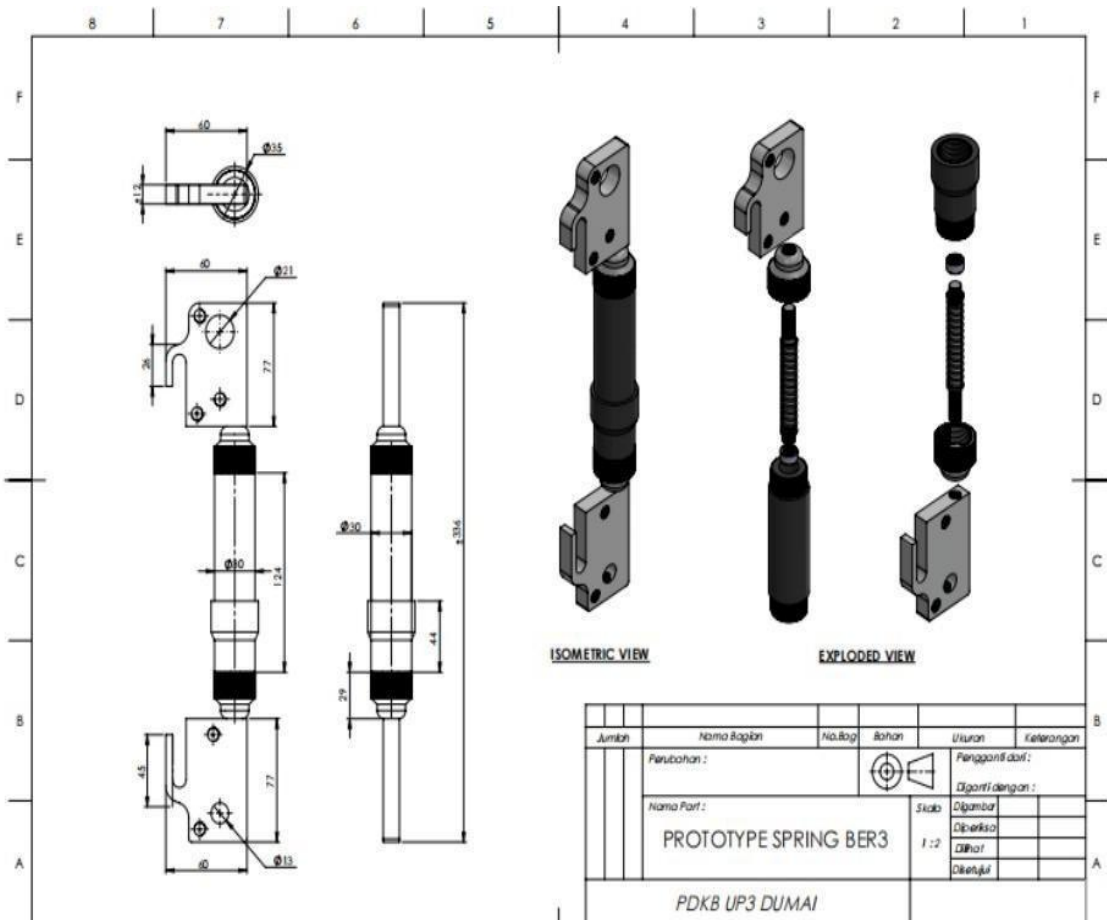
1. Belum tersedia alat sejenis dengan fungsi serupa, baik buatan pabrikan maupun hasil inovasi yang mampu menangani penggantian fuse link secara efektif tanpa padam. Desain tabung spring sebagai komponen utama dalam inovasi ini merupakan rancangan orisinal yang belum ada sebelumnya.
2. Belum terdapat alat yang mampu menggantikan fuse link tanpa memutus aliran listrik, yang berarti setiap pekerjaan penggantian fuse link pada FCO harus dilakukan dalam kondisi padam, sehingga mengganggu kontinuitas pasokan listrik kepada pelanggan.
3. Tidak tersedia alat sementara (temporary) yang dapat menggantikan tabung FCO jika terjadi kerusakan, sehingga apabila tabung FCO rusak, pekerjaan penggantian atau perbaikan tidak dapat segera dilakukan dan menimbulkan risiko padam yang lebih lama.
4. Belum ada standarisasi fuse link sebagai alat proteksi transformator, khususnya dalam menentukan rating dan ukuran fuse link yang tepat untuk masing-masing

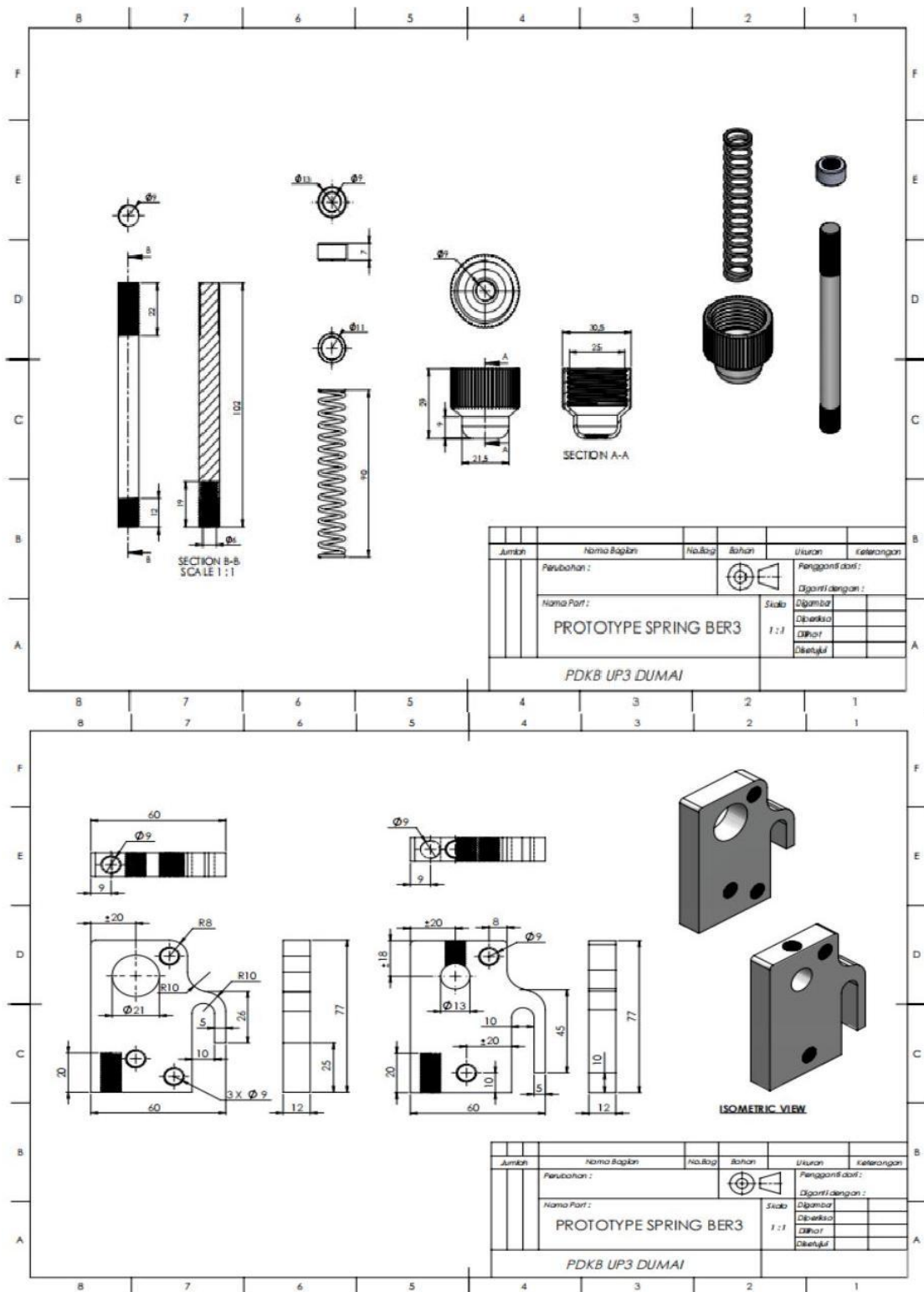
kapasitas transformator. Hal ini berpotensi menyebabkan kesalahan dalam pemilihan fuse link yang bisa berujung pada kegagalan fungsi proteksi.

5. Masih dilakukan pemadaman pada Jaringan Tegangan Menengah (JTM) atau gardu distribusi untuk melakukan pemeliharaan FCO atau penggantian fuse link, yang mengakibatkan pemotongan section dan pekerjaan penyambungan kembali pasca gangguan atau pemeliharaan.
6. Belum adanya data base ukuran atau rating fuse link pada setiap gardu yang terpasang di jaringan distribusi, sehingga menyulitkan teknisi dalam menentukan jenis fuse yang sesuai saat terjadi gangguan atau saat melakukan penggantian
Melakukan survei lapangan untuk mengidentifikasi permasalahan terkait ketidakseragaman penggunaan fuse link pada FCO, yang berdampak pada koordinasi proteksi dan peningkatan risiko pemadaman.

3.5.3 Perancangan Alat Inovasi

Menyusun rancangan alat yang akan digunakan untuk standarisasi fuse link. Rancangan dibuat dalam bentuk sketsa 2D dan model 3D, kemudian dipilih material yang sesuai, mempertimbangkan aspek keamanan, keandalan, dan ergonomi.





Gambar 3.2. Desain Tabung Spring

Taring terbuat dari bahan pipa PE (polyethylene) tabung ukuran 30 mm x 125 mm yang dibuat lubang pada bagian tengah. Pada bagian atas dan bawah dilengkapi plat

besi tebal 15 mm dengan kepala tabung berukuran 25 mm x 29 mm. Pada bagian tengah lubang masing-masing memiliki arc shortening rod berukuran 90 mm x 9 mm serta spring yang berfungsi sebagai penarik dan pelepas energi mekanis. Alat ini menggunakan bahan dan proses 100% TKDN.

3.5.4 Uji Laboratorium

Tabung Spring (Taring Spring) diuji dalam kondisi terkendali untuk mengukur kesesuaian fungsional, keamanan, dan efektivitas alat sebelum diterapkan di lapangan.

Parameter yang diuji meliputi:

Pengujian lebur atau melting poin untuk mengetahui ketahanan terhadap panas bahan pipa PE di sucofindo.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini menyajikan hasil penelitian dan pembahasan terkait perancangan, pembuatan, serta pengujian alat TARING (Tabung Spring) sebagai alat bantu standarisasi dan penggantian tabung fuse link pada Fuse Cut Out (FCO) jaringan distribusi 20 kV dengan metode PDKB Sentuh Langsung. Penyajian hasil difokuskan pada data dan temuan lapangan, sedangkan pembahasan berisi interpretasi dan analisis hasil yang dikaitkan dengan tujuan penelitian serta teori dan referensi yang relevan.

4.1 Deskripsi Hasil Proyek

4.1.1 Hasil Perancangan Alat TARING (Tabung Spring)

Hasil perancangan alat TARING menunjukkan bahwa alat ini terdiri dari beberapa komponen utama, yaitu tabung isolasi berbahan polyethylene (PE), sistem pegas (*spring system*), plat pengunci, dan batang penghubung (*arc shortening rod*). Tabung isolasi berfungsi sebagai pelindung utama terhadap tegangan listrik, sementara sistem pegas dan komponen mekanis lainnya berperan dalam menjaga kestabilan kontak selama alat digunakan. Panjang tabung dirancang sekitar $\pm 12,5$ cm dengan diameter ± 3 cm, sehingga sesuai dengan dimensi standar tabung fuse cut out (FCO) yang digunakan pada jaringan distribusi tegangan menengah 20 kV.

Desain mekanik alat TARING memungkinkan alat ini berfungsi sebagai pengganti sementara tabung fuse link pada FCO, sehingga aliran listrik tetap tersambung selama proses pelepasan dan pemasangan fuse link. Dengan fungsi tersebut, pekerjaan pemeliharaan dapat dilakukan tanpa memadamkan jaringan. Sistem pegas berfungsi untuk memberikan tekanan mekanis yang stabil dan konsisten, sehingga kontak listrik tetap terjaga dengan baik selama alat digunakan dan tidak terjadi pelepasan kontak secara tiba-tiba.

Susunan komponen dan bentuk fisik alat TARING secara keseluruhan dapat dilihat pada Gambar 3.3. Gambar tersebut memperlihatkan konfigurasi tabung isolasi, posisi sistem pegas, plat pengunci, serta batang penghubung yang dirancang untuk memastikan kontinuitas arus dan keamanan kerja selama pelaksanaan pekerjaan PDKB sentuh

langsung. Visualisasi pada Gambar 3.3 juga menunjukkan bahwa desain alat TARING menyerupai tabung FCO standar, sehingga memudahkan petugas dalam proses pemasangan dan pengoperasian di lapangan tanpa memerlukan penyesuaian tambahan.



Gambar 3.3. Alat Taring (Tabung Spring)

4.1.2 Hasil Uji Laboratorium

Pengujian laboratorium dilakukan untuk memastikan alat TARING memenuhi aspek keselamatan dan fungsi sebelum diterapkan di lapangan. Hasil uji menunjukkan bahwa: Material isolasi tabung PE tidak mengalami tembus listrik pada tegangan kerja yang disimulasikan sesuai standar jaringan 20 kV.

Sistem pegas bekerja dengan baik, mampu menahan posisi alat secara stabil tanpa mengalami deformasi mekanik.

Seluruh komponen mekanik tidak mengalami kerusakan setelah dilakukan beberapa kali simulasi pemasangan dan pelepasan.

Hasil uji laboratorium ini menunjukkan bahwa alat TARING layak untuk diuji lebih lanjut pada kondisi lapangan dengan metode PDKB Sentuh Langsung.

 **IDSurvey**
Testing. Inspecting. Certifying.

Certificate No. 00999/ALAFAS
Date: May 28, 2025

 **SUCOFINDO**

Issuing Office:
Jl. Dr. Wahidin No. 31, Duma, 28814, Indonesia
Phone/Fax: +62 765 38404/33684
Email: cs.dum@sucofindo.co.id

REPORT OF ANALYSIS

The following sample was submitted and identified by the client as :

CLIENT : PT. PERUSAHAAN LISTRIK NEGARA (PERSERO)
UNIT INDUK WILAYAH RIAU DAN KEPULAUAN
RIAU UP3 DUMAI

SAMPLE NAME : PE TARING 2 IN 1

CODE : -

DATE RECEIVED : May 27, 2025

DATE OF ANALYSIS : May 27 up to 28, 2025

TEST REQUIRED : Melting Point

We have tested the submitted sample as requested and the following results were obtained

Parameter	Method	Unit	HDPE Requirement	Result
Melting Point	SNI 594 : 2022 – DSC (Differential Scanning Calorimetry)	°C	125-137	133.42

Hasil uji ini hanya berlaku dengan contoh uji yang diserahkan satu kali saja dan laporan/bertifikat hasil uji tidak dapat direproduksi dengan cara apapun, kecuali dalam konteks penuh dan dengan persetujuan tertulis sebelumnya dari Laboratorium SUCOFINDO.
Penerbitan Sertifikat/Laporan ini tunduk pada Syarat dan Ketentuan Layanan Jasa PT. SUCOFINDO (PERSERO), yang selamanya dapat diperoleh atau pemakai atau dapat diakses pada www.sucofindo.co.id

Dept. of Inspection and Testing
Independent Surveyor
PT SUPERINTENDING COMPANY OF INDONESIA
(SUCOFINDO)


SUCOFINDO
Irni Eriani

23010125000399


5229032


SCI-2023A

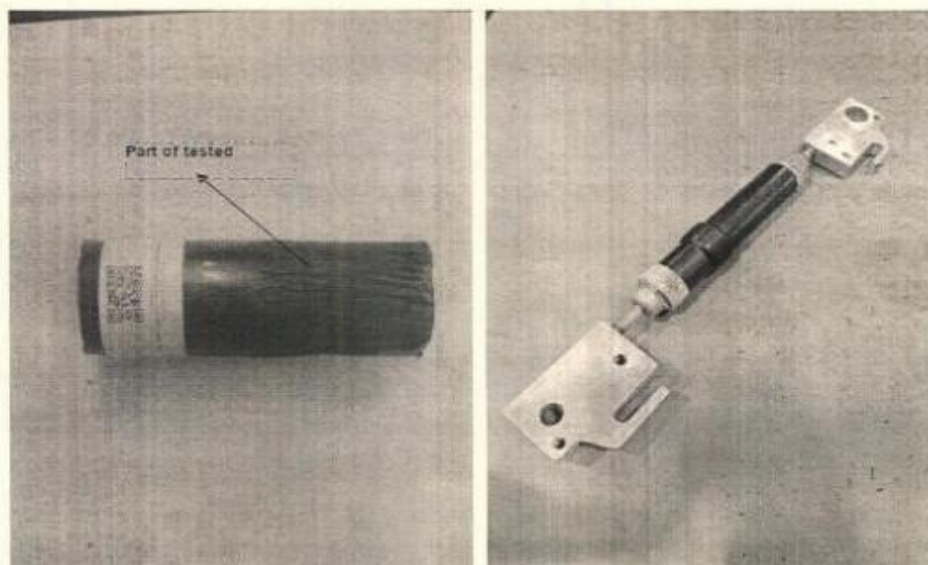
Attachment
To Certificate No. 00999/ALAFAS
Date: May 28, 2025

Issuing Office:
Jl. Dr. Wahidin No. 31, Dumai 25814, Indonesia
Phone/Fax: +62 765 38404/33864
Email: cs.dum@sucofindo.co.id

Page 1 of 1

DATE OF ANALYSIS	SAMPLE NAME	CLIENT
May 27 – 28, 2025	PE TARING 2 IN 1	PT. PERUSAHAAN LISTRIK NEGARA (PERSERO) UNIT INDUK WILAYAH RIAU DAN KEPULAUAN RIAUP3 DUMAI

TEST REQUIRED	METHOD
Melting Point	SNI 594 : 2022



Note : picture taken at the front sample



Gambar 3.3. Hasil Pengujian pipa PE

Pengujian lebur atau melting poin untuk mengetahui ketahanan terhadap panas bahan pipa PE di sucofindo.

4.1.3 Hasil Uji Lapangan dengan Metode PDKB Sentuh Langsung

Uji lapangan dilakukan pada jaringan distribusi 20 kV di wilayah kerja PT PLN (Persero) UP3 Dumai dengan melibatkan petugas PDKB bersertifikat. Hasil kegiatan uji lapangan meliputi:

1. Alat TARING dapat dipasang dan dilepas pada FCO dalam kondisi bertegangan tanpa menimbulkan gangguan operasional.
2. Proses penggantian fuse link dapat dilakukan tanpa pemadaman jaringan.
3. Waktu pekerjaan penggantian fuse link menjadi lebih singkat dibandingkan metode konvensional dengan pemadaman.
4. Tidak terjadi gangguan tambahan maupun kondisi tidak aman selama proses PDKB berlangsung.

Melakukan uji coba alat inovasi (Tabung spring) secara langsung pada jaringan distribusi 20 kV dengan prosedur PDKB sentuh langsung. Proses ini dilaksanakan dengan personil berkompeten untuk menilai kinerja alat pada kondisi nyata.



(1)



(2)



(3)



(4)



(5)



(6)



(7)



(8)



(9)

Gambar 3.8. Proses Pemasangan TARING

Keterangan gambar :

1. Pemasangan TARING di sisi FCO
2. TARING telah terpasang pada FCO (beban terbagi antara Tabung FCO dan TARING)
3. Tabung FCO dibuka
4. Tabung FCO dilepas dari kedudukan
5. Tabung FCO diperiksa *rating fuse link* dan kemudian di standarisasi
6. Tabung FCO kembali diletakkan pada kedudukan FCO
7. Tabung FCO ditutup
8. TARING dilepas dari FCO
9. Fuse link pada FCO sudah terstandarisasi



Gambar 3.9. Standarisasi Rating Fuse Link Fco

Pelaksanaan penggantian fuse link dan pemasangan *temporary* tabung FCO dilapangan karena adanya kerusakan pada tabung FCO ataupun kerusakan pada kap FCO menggunakan TARING yang dipasang dengan metode PDKB sentuh langsung. Dapat dilihat pada Gambar 3.9.



Gambar 3.10. TARING Sebagai Temporary Tabung FCO



Gambar 3.11 Implementasi dengan PDKB Sentuh Langsung

Taring telah di implementasikan di kerja UP3 Dumai sejak Juli 2025 pada gardu/penyulang distribusi dengan data sebagai berikut :

Tabel 3.2. Implementasi Tabung Spring

No	Penyulang	No Gardu	Kapasitas (kVA)	Keterangan
1	Puyuh	KTM 598	200	Standarisasi <i>fuse link</i>
2	Bakau	KTM 243	250	<i>Temporary</i> tabung FCO
3	Rusia	DMI 356	200	Standarisasi <i>fuse link</i>

Dari hasil pengecekan nilai fuse link pada gardu KTM 598, KTM 243 dan DMI 356 didapatkan data penggunaan fuse link yang terpasang seperti pada tabel 3.2.

Tabel 3.3. Standarisasi *Fuse Link*

No	No Gardu	Kapasitas (kVA)	<i>Rating Fuse Link</i> sebelum (<i>Ampere</i>)			<i>Rating Fuse Link</i> sesudah (<i>Ampere</i>)		
			R	S	T	R	S	T
1	KTM 598	200	4	6	4	6	6	6
2	KTM 243	250	10	8	8	8	8	8
3	DMI 356	200	4	3	3	6	6	6

Adapun keuntungan dengan penyelamatan ENS dalam pelaksanaan pemeliharaan standarisasi *fuse link* dan penggunaan *temporary* FCO yang ditampilkan pada perhitungan berikut dan pada tabel 3.4

Standarisasi *fuse link* pada gardu KTM 598 dan DMI 356 berkapasitas 200 kVA dengan durasi pekerjaan 1 jam

$$\begin{aligned}\text{Saving kWh} &= \text{kVA trafo} \sqrt{3} \cos \phi \text{ Durasi} \\ &= 200.000 \sqrt{3} \cdot 0,85 \cdot 1 \\ &= 294.448 \text{ Wh} = 249 \text{ kWh}\end{aligned}\quad (4.1)$$

$$\begin{aligned}\text{Saving Rupiah} &= \text{ENS Rp/kWh} \\ &= 294 \cdot 1.444 \\ &= \text{Rp } 424.536\end{aligned}\quad (4.2)$$

Pemasangan *temporary fuse link* TARING pada FCO gardu KTM 243 berkapasitas 250 kVA dengan durasi alat terpasang selama 24 jam (estimasi penggantian FCO dilakukan esok hari)

$$\begin{aligned}\text{Saving kWh} &= \text{kVA trafo} \sqrt{3} \cos \phi \text{ Durasi} \\ &= 250.000 \sqrt{3} \cdot 0,85 \cdot 24 \\ &= 8.833.459 \text{ Wh} = 8.833 \text{ kWh}\end{aligned}\quad (4.3)$$

$$\begin{aligned}\text{Saving Rupiah} &= \text{ENS Rp/kWh} \\ &= 8.833 \cdot 1.444 \\ &= \text{Rp } 12.754.852\end{aligned}\quad (4.4)$$

Tabel 3.5. Prakiraan Saving kWh Pekerjaan TARING

No	Penyulang	No Gardu	Kapasitas (kVA)	Saving (kWh)	Saving (Rupiah)	Dampak Perkiraan Transformator Rusak (Rupiah)	Keterangan
1	Puyuh	KTM 598	200	294	424.536	76.000.000	Standarisasi <i>fuse link</i>
2	Bakau	KTM	250	8.833	12.754.8	80.885.000	<i>Tempor</i>

		243			52		ary Tabung FCO
3	Rusia	DMI 356	200	294	424.536	76.000.000	Standar isasi fuse link

4.1.4 Data Pendukung Keandalan Sistem (Data Gangguan,SAIDI dan SAIFI)

Berdasarkan data SAIDI dan SAIFI UP3 Dumai yang telah dikumpulkan, terlihat bahwa gangguan akibat pekerjaan pemeliharaan FCO dan penggantian fuse link masih berkontribusi terhadap durasi dan frekuensi padam. Dengan penerapan alat TARING, pekerjaan pemeliharaan tersebut dapat dilakukan tanpa pemadaman, sehingga secara potensial berkontribusi dalam menurunkan nilai SAIDI dan SAIFI.

Tabel 3.1. Data Saidi Up3 Dumai

SAIDI 2025														
NO	UNI T S.D	SATUAN	BULAN											
			JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AGS	SEP	OKT	NOV	DES
1	DURI	BULANAN	13,2	11,21	22,77	22,82	27,24	32,55	14,69	36,62	82,65	1,2	10,80	19,20
		KOMULATIF	13,2	24,41	24,62	47,45	74,69	107,24	121,93	158,55	241,2	242,4	242,4	242,4
		TARGET	28,53	57,05	85,58	114,11	142,63	171,16	199,69	228,21	256,74	285,27	313,79	342,32
2	BAA	BULANAN	14,3	12,38	3,28	1,8	7,75	18,44	15,26	19,56	46,42	3,6	4,20	16,20
		KOMULATIF	14,3	26,69	29,97	31,77	39,52	57,97	73,22	92,78	139,2	142,8	142,8	142,8
		TARGET	11,48	22,97	34,45	45,94	57,42	68,9	80,39	91,87	103,35	114,84	126,32	137,81
3	BKLS	BULANAN	2,23	1,31	0,29	2,21	6,11	13,48	17,75	18,34	2,46	4,80	3,60	5,40
		KOMULATIF	2,23	3,55	3,83	6,05	12,16	25,64	43,4	61,74	64,2	70,2	70,2	70,2
		TARGET	8,56	17,12	25,67	34,23	42,79	51,35	59,91	68,46	77,02	85,58	94,14	102,7
4	SLP	BULANAN	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,71	0,01	0,02	0,02	0,6	0	0
		KOMULATIF	0	0	0	0	0	0	0	0	0,6	1,2	0	0
		TARGET	0,44	0,88	1,32	1,76	2,19	2,63	3,07	3,51	3,95	4,39	4,83	5,27
5	DMK	BULANAN	9,25	29,63	37,42	24,7	30,04	20,32	5,65	27,17	14,43	7,2	9,60	4,60
		KOMULATIF	9,25	38,88	76,3	101	131,03	151,35	157	184,17	198,6	205,8	205,8	205,8
		TARGET	24,21	48,42	72,63	96,84	121,06	145,27	169,48	193,69	217,9	242,11	266,32	290,53
6	BTU	BULANAN	13,61	9,97	13,78	21,27	65,7	52,25	23,45	80,93	0,45	0,14	12,60	114,60
		KOMULATIF	13,61	23,58	37,36	58,63	124,33	176,57	200,02	280,95	281,4	280,2	280,2	280,2

		TARGET	39,06	78,12	117,18	156,24	195,3	234,36	273,42	312,48	351,54	390,6	429,66	468,71
7	UP3 DUM AI	BULANAN	10,19	13,29	18,41	16,59	29,15	27,51	13,48	34,57	26,4	3	8,40	31,80
		KOMULATIF	10,19	23,48	41,9	58,49	87,64	115,15	128,63	163,2	189,6	192,6	192,6	192,6
		TARGET	23,78	45,26	69,04	92,05	115,84	138,85	162,63	186,41	209,42	233,21	256,22	280

Tabel 3.2. Data Saifi Up3 Dumai

SAIFI 2025														
NO	UNI T S.D	SATUAN	BULAN											
			JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AGS	SEP	OKT	NOV	DES
1	DURI	BULANAN	0,19	0,15	0,35	0,28	0,61	0,28	0,32	0,53	0,98	0,04		
		KOMULATIF	0,19	0,34	0,69	0,97	1,58	1,86	2,18	2,71	3,69	3,73	3,73	3,73
		TARGET	0,44	0,88	1,33	1,77	2,21	2,65	3,09	3,53	3,98	4,42	4,86	5,3
2	BAA	BULANAN	0,47	0,32	0,22	0,05	0,14	0,6	0,28	0,44	0,47	0,03		
		KOMULATIF	0,47	0,79	1,01	1,06	1,2	1,8	2,09	2,53	3	3,03	3,03	3,03
		TARGET	0,18	0,36	0,54	0,72	0,9	1,08	1,26	1,44	1,62	1,79	1,97	2,15
3	BKLS	BULANAN	0,06	0,11	0,04	0,06	0,17	0,09	0,95	0,59	0,24	0,06		
		KOMULATIF	0,06	0,18	0,21	0,28	0,45	0,53	1,49	2,07	2,31	2,37	2,37	2,37
		TARGET	0,16	0,32	0,48	0,64	0,8	0,96	1,12	1,28	1,44	1,6	1,76	1,92
4	SLP	BULANAN	0	0	0	0	0	0,03	0	0	0	0,01		
		KOMULATIF	0	0	0	0	0	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04
		TARGET	0,01	0,03	0,04	0,06	0,07	0,09	0,1	0,12	0,13	0,15	0,16	0,18
5	DMK	BULANAN	0,24	0,53	0,29	0,76	0,6	0,47	0,15	0,58	0,32	0,16		
		KOMULATIF	0,24	0,77	1,07	1,83	2,42	2,89	3,04	3,61	3,93	4,09	4,09	4,09
		TARGET	0,36	0,72	1,08	1,44	1,79	2,15	2,51	2,87	3,23	3,59	3,95	4,31
6	BTU	BULANAN	0,2	0,11	0,39	0,24	1,13	0,71	0,31	0,99	0	0		
		KOMULATIF	0,2	0,32	0,71	0,95	2,09	2,79	3,1	4,09	4,09	4,09	4,09	4,09
		TARGET	0,58	1,17	1,75	2,34	2,92	3,51	4,09	4,68	5,26	5,84	6,43	7,01
7	UP3 DUM AI	BULANAN	0,2	0,23	0,26	0,31	0,56	0,4	0,31	0,57	0,45	0,05		
		KOMULATIF	0,2	0,43	0,69	1	1,56	1,97	2,28	2,85	3,3	3,35	3,35	3,35
		TARGET	0,36	0,69	1,06	1,41	1,77	2,12	2,49	2,85	3,2	3,56	3,92	4,28

Tabel 3.3. Data Gangguan Up3 Dumai

BULANAN < 5 MENIT ALL ZONA														
NO	UNIT S.D	SATUAN	BULAN											
			JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AGS	SEP	OKT	NOV	DES
1	DURI	GANGGUAN	27	24	17	26	10	11	11	49	19	39		
		PJG PENYULANG	906	906	906	906	906	906	906	906	906	906	906	906
		GGN/100KMS	2,98	2,65	1,88	2,87	1,10	1,21	1,21	5,41	2,10	4	0	0
		TARGET	13	25	38	51	64	77	90	103	116	129	142	155
2	BAA	GANGGUAN	11	5	12	7	2	6	10	12	15	16		
		PJG PENYULANG	435	435	435	435	435	435	435	435	435	435	435	435
		GGN/100KMS	2,53	1,15	2,76	1,61	0,46	1,38	2,30	2,76	3,45	4	0	0,00
		TARGET	7	14	21	29	36	43	51	58	65	72	80	87
3	BKLS	GANGGUAN	12	13	13	15	5	1	2	19	16	17		
		PJG PENYULANG	648	648	648	648	648	648	648	648	648	648	648	648
		GGN/100KMS	1,85	2,01	2,01	2	1	0	0	3	2,47	3	0	0
		TARGET	6	12	18	24	31	37	43	49	55	62	68	74
4	SLP	GANGGUAN	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0		
		PJG PENYULANG	574	574	574	574	574	574	574	574	574	574	574	574
		GGN/100KMS	0,00	0,00	0,00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0
		TARGET	0	0	1	1	1	1	2	2	2	2	3	3
5	DMK	GANGGUAN	30	31	34	18	5	9	12	36	23	17		
		PJG PENYULANG	1174	1174	1174	1174	1174	1174	1174	1174	1174	1174	1174	1174
		GGN/100KMS	2,56	2,64	2,90	1,53	0,43	0,77	1,02	3,07	1,96	1,45	0,00	0,00
		TARGET	16	30	46	61	77	92	108	123	139	154	170	185
6	BTU	GANGGUAN	18	25	26	19	15	11	13	40	12	16		
		PJG PENYULANG	1567	1567	1567	1567	1567	1567	1567	1567	1567	1567	1567	1567
		GGN/100KMS	1,15	1,60	1,66	1,21	0,96	0,70	0,83	2,55	0,77	1	0	0
		TARGET	15	29	44	59	74	89	104	119	134	149	164	179
7	UP3 DUMAI	GANGGUAN	98	98	102	85	38	38	48	156	85	105		
		PJG PENYULANG	5304	5304	5304	5304	5304	5304	5304	5304	5304	5304	5304	5304
		GGN/100KMS	1,85	1,85	1,92	1,60	0,72	0,72	0,90	2,94	1,60	1,98	0,00	0,00
		TARGET	58	52	58	56	58	56	58	58	56	58	56	58

4.2 Pembahasan

4.2.1 Pembahasan Perancangan Alat TARING

Perancangan alat Taring dilakukan untuk menjawab kebutuhan akan alat bantu pemeliharaan fuse cut out (FCO) yang aman, andal, dan efisien pada kondisi jaringan listrik dalam keadaan bertegangan. Dalam pekerjaan PDKB, khususnya metode sentuh langsung, risiko keselamatan kerja menjadi perhatian utama karena petugas berinteraksi langsung dengan peralatan yang masih dialiri tegangan. Oleh karena itu, alat Taring dirancang dengan mempertimbangkan aspek keselamatan listrik, kekuatan mekanis, serta kemudahan operasional di lapangan.

Hasil perancangan menunjukkan bahwa penggunaan kombinasi material isolasi polyethylene (PE) dan sistem pegas mampu memenuhi kebutuhan fungsional alat, baik dari sisi isolasi listrik maupun kestabilan mekanis. Material PE dipilih karena memiliki sifat isolasi listrik yang baik, ketahanan terhadap tegangan menengah, serta cukup ringan sehingga mendukung kenyamanan kerja petugas. Sementara itu, sistem pegas berfungsi untuk memberikan tekanan mekanis yang stabil pada fuse link, sehingga proses pemasangan dan pelepasan FCO dapat dilakukan dengan lebih aman dan terkendali tanpa risiko terlepas secara tiba-tiba.

Kombinasi antara material isolasi dan mekanisme pegas tersebut sejalan dengan prinsip dasar pekerjaan dalam keadaan bertegangan (PDKB), yaitu menjaga pemisahan listrik antara petugas dan bagian bertegangan sekaligus memastikan kestabilan mekanis selama proses pemeliharaan berlangsung. Dengan demikian, alat Taring tidak hanya berfungsi sebagai alat bantu kerja, tetapi juga sebagai perangkat pendukung keselamatan yang meminimalkan potensi terjadinya kecelakaan kerja akibat kegagalan isolasi atau kesalahan mekanis.

Selain itu, desain tabung alat Taring yang menyerupai tabung FCO standar turut mendukung tujuan standarisasi fuse link yang digunakan pada jaringan distribusi tegangan menengah. Desain ini memudahkan petugas dalam menyesuaikan ukuran, tipe, dan rating fuse link yang digunakan di lapangan tanpa memerlukan penyesuaian tambahan atau modifikasi alat. Dengan adanya keseragaman bentuk dan dimensi, proses pemeliharaan dapat dilakukan lebih cepat dan konsisten, serta mengurangi kemungkinan kesalahan pemasangan.

Secara keseluruhan, perancangan alat Taring diharapkan mampu meningkatkan

efektivitas dan keselamatan pekerjaan pemeliharaan FCO dengan metode PDKB sentuh langsung. Alat ini memberikan solusi teknis yang tidak hanya memenuhi kebutuhan operasional, tetapi juga mendukung penerapan standar keselamatan kerja dan keandalan sistem distribusi listrik, khususnya pada jaringan tegangan menengah 20 kV.

4.2.2 Pembahasan Hasil Uji Laboratorium

Hasil uji laboratorium menunjukkan bahwa alat TARING memenuhi persyaratan dasar keselamatan dan fungsi. Tidak ditemukannya tembus listrik pada material isolasi menunjukkan bahwa pemilihan bahan PE sudah tepat untuk aplikasi tegangan menengah. Temuan ini sejalan dengan teori material isolasi yang menyebutkan bahwa polyethylene memiliki kekuatan dielektrik yang baik dan banyak digunakan pada peralatan distribusi. Keberhasilan sistem pegas dalam menjaga kestabilan kontak juga menunjukkan bahwa desain mekanik alat telah sesuai dengan kebutuhan operasional PDKB Sentuh Langsung.

4.2.3 Pembahasan Hasil Uji Lapangan

Hasil uji lapangan menunjukkan bahwa alat TARING dapat digunakan secara praktis, aman, dan efektif oleh petugas pekerjaan dalam keadaan bertegangan (PDKB). Selama proses pengujian, penggantian fuse link pada fuse cut out (FCO) dapat dilakukan tanpa melakukan pemadaman jaringan, sehingga kontinuitas penyaluran tenaga listrik kepada pelanggan tetap terjaga. Kemampuan ini menjadi capaian utama dari penggunaan alat TARING karena secara langsung mendukung peningkatan keandalan sistem distribusi tegangan menengah.

Dibandingkan dengan metode pemeliharaan konvensional yang mengharuskan pemadaman sementara pada penyulang terkait, penggunaan alat TARING mampu menghilangkan durasi padam akibat kegiatan pemeliharaan FCO. Hilangnya durasi padam tersebut berkontribusi langsung terhadap penurunan energi tidak tersalurkan (Energy Not Supplied/ENS), karena tidak terjadi kehilangan energi akibat pemadaman terencana. Dengan demikian, penerapan alat TARING tidak hanya berdampak pada aspek teknis pekerjaan, tetapi juga memberikan manfaat nyata dari sisi kinerja sistem dan pelayanan pelanggan.

Selain menurunkan ENS, penggunaan alat TARING dalam kegiatan PDKB sentuh langsung juga berdampak positif terhadap indikator keandalan sistem distribusi, khususnya System Average Interruption Duration Index (SAIDI) dan System Average Interruption Frequency Index (SAIFI). Karena pekerjaan pemeliharaan dapat dilakukan tanpa pemadaman, maka jumlah dan durasi gangguan yang tercatat akibat aktivitas pemeliharaan dapat ditekan secara signifikan. Hal ini sejalan dengan penelitian terdahulu

yang menyatakan bahwa penerapan metode PDKB secara konsisten mampu menurunkan nilai SAIDI dan SAIFI, terutama pada jaringan distribusi dengan tingkat kepadatan pelanggan yang tinggi.

Lebih lanjut, keberadaan alat bantu yang dirancang secara khusus seperti TARING meningkatkan efektivitas penerapan PDKB sentuh langsung di lapangan. Alat ini memberikan kemudahan operasional bagi petugas, mengurangi waktu kerja, serta meningkatkan tingkat keselamatan selama proses penggantian fuse link. Efisiensi waktu kerja yang diperoleh juga berdampak pada optimalisasi sumber daya manusia dan peralatan, sehingga kegiatan pemeliharaan dapat dilakukan dengan perencanaan yang lebih fleksibel tanpa mengganggu pasokan listrik.

Secara keseluruhan, hasil uji lapangan membuktikan bahwa alat TARING tidak hanya layak digunakan secara teknis, tetapi juga memberikan kontribusi signifikan terhadap peningkatan keandalan sistem distribusi, penurunan ENS, serta perbaikan indikator kinerja keandalan jaringan. Dengan demikian, penerapan alat TARING sebagai alat bantu PDKB sentuh langsung dapat direkomendasikan sebagai solusi yang mendukung peningkatan kualitas pelayanan tenaga listrik secara berkelanjutan.

4.2.4 Implikasi Terhadap Keandalan Sistem Distribusi

Implementasi alat TARING memberikan implikasi positif yang signifikan terhadap keandalan sistem distribusi tegangan menengah 20 kV. Dengan berkurangnya kebutuhan pemadaman selama kegiatan pemeliharaan fuse cut out (FCO), potensi penurunan nilai System Average Interruption Duration Index (SAIDI) dan System Average Interruption Frequency Index (SAIFI) menjadi semakin besar. Hal ini disebabkan karena pekerjaan pemeliharaan yang sebelumnya dikategorikan sebagai pemadaman terencana kini dapat dilakukan dalam kondisi bertegangan, sehingga tidak menambah jumlah maupun durasi gangguan yang dirasakan oleh pelanggan.

Selain berdampak pada indikator keandalan, penggunaan alat TARING juga berkontribusi terhadap penurunan energi tidak tersalurkan (Energy Not Supplied/ENS). Eliminasi pemadaman selama proses pemeliharaan FCO secara langsung mengurangi kehilangan energi listrik yang seharusnya tersalur ke pelanggan. Dampak ini tidak hanya meningkatkan kualitas pelayanan kelistrikan, tetapi juga memberikan keuntungan dari sisi operasional dan ekonomi bagi penyelenggara sistem distribusi.

Standarisasi fuse link yang didukung oleh desain dan fungsi alat TARING turut membantu meningkatkan koordinasi sistem proteksi pada jaringan distribusi. Penggunaan fuse link dengan ukuran dan rating yang sesuai standar memungkinkan karakteristik

proteksi bekerja lebih selektif dan andal, sehingga dapat mengurangi kejadian gangguan berulang pada titik yang sama. Dengan koordinasi proteksi yang lebih baik, risiko terjadinya pemadaman akibat kegagalan proteksi atau salah rating fuse link dapat diminimalkan.

Meskipun demikian, penelitian ini masih memiliki beberapa keterbatasan. Pengujian alat TARING dilakukan pada skala lapangan yang terbatas, baik dari sisi jumlah lokasi, variasi beban, maupun kondisi lingkungan jaringan. Selain itu, durasi pengujian yang relatif singkat belum sepenuhnya menggambarkan kinerja alat dalam jangka panjang, terutama terkait ketahanan material isolasi, keandalan mekanisme pegas, serta konsistensi performa alat dalam berbagai kondisi cuaca dan lingkungan kerja.

Oleh karena itu, diperlukan penelitian lanjutan dengan cakupan wilayah yang lebih luas serta periode pengujian yang lebih panjang. Penelitian lanjutan tersebut diharapkan dapat mengevaluasi performa alat TARING secara berkelanjutan, termasuk analisis kuantitatif terhadap penurunan SAIDI, SAIFI, dan ENS, serta kajian aspek keselamatan kerja dan efisiensi operasional dalam jangka panjang. Selain itu, pengujian pada berbagai konfigurasi jaringan distribusi juga perlu dilakukan untuk memastikan fleksibilitas dan keandalan alat dalam berbagai kondisi sistem.

Secara keseluruhan, pembahasan ini menegaskan bahwa alat TARING merupakan inovasi yang aplikatif, aman, dan efektif dalam mendukung pekerjaan PDKB sentuh langsung. Penerapan alat ini tidak hanya meningkatkan keselamatan dan efisiensi kerja petugas, tetapi juga berkontribusi nyata terhadap peningkatan keandalan dan kualitas jaringan distribusi tenaga listrik 20 kV. Dengan pengembangan dan penerapan yang lebih luas, alat TARING berpotensi menjadi solusi pendukung standar dalam kegiatan pemeliharaan jaringan distribusi bertegangan.

4.2.5 Implikasi Terhadap Keandalan Sistem Distribusi (SAIDI dan SAIFI)

Keandalan sistem distribusi tenaga listrik sangat dipengaruhi oleh durasi dan frekuensi pemadaman yang terjadi pada jaringan, yang secara umum direpresentasikan melalui indikator System Average Interruption Duration Index (SAIDI) dan System Average Interruption Frequency Index (SAIFI). Kedua indikator tersebut menjadi parameter utama dalam mengevaluasi kinerja pelayanan kelistrikan kepada pelanggan. Berdasarkan data gangguan dan data keandalan yang diperoleh dari UP3 Dumai, kegiatan pemeliharaan fuse cut out (FCO) dan penggantian fuse link masih tercatat sebagai salah satu penyumbang pemadaman terencana pada jaringan distribusi tegangan menengah 20 kV.

Pemadaman terencana yang dilakukan untuk keperluan pemeliharaan FCO secara langsung menambah durasi padam pelanggan serta meningkatkan frekuensi gangguan yang tercatat dalam perhitungan SAIDI dan SAIFI. Kondisi ini menunjukkan bahwa meskipun pemeliharaan bertujuan untuk meningkatkan keandalan jangka panjang, pada sisi lain kegiatan tersebut tetap memberikan dampak negatif terhadap indikator keandalan dalam jangka pendek, khususnya apabila dilakukan secara konvensional dengan metode pemadaman.

Penerapan alat TARING memungkinkan pekerjaan pemeliharaan FCO dan penggantian fuse link dilakukan tanpa pemadaman jaringan, sehingga secara langsung menghilangkan kontribusi kegiatan pemeliharaan terhadap nilai SAIDI dan SAIFI. Dengan tidak adanya pemadaman, durasi padam pelanggan akibat pekerjaan pemeliharaan menjadi nol, dan frekuensi gangguan yang tercatat juga tidak bertambah. Meskipun dalam penelitian ini belum dilakukan perhitungan penurunan SAIDI dan SAIFI secara kuantitatif dan menyeluruh, hasil implementasi di lapangan menunjukkan adanya potensi penurunan durasi dan frekuensi padam yang signifikan apabila alat TARING diterapkan secara konsisten dan berkelanjutan.

Selain berdampak pada indikator SAIDI dan SAIFI, penerapan alat TARING juga berkontribusi terhadap penurunan energi tidak tersalurkan (Energy Not Supplied/ENS). Dengan dihilangkannya pemadaman terencana selama pemeliharaan FCO, energi listrik yang seharusnya tersalur ke pelanggan tetap dapat disalurkan secara kontinu. Hal ini memberikan manfaat tambahan dari sisi operasional dan ekonomi, serta mendukung peningkatan kualitas pelayanan kelistrikan kepada pelanggan.

Lebih lanjut, standarisasi fuse link yang didukung oleh penggunaan alat TARING berperan penting dalam meningkatkan koordinasi sistem proteksi pada jaringan distribusi. Fuse link dengan rating yang sesuai dan terstandarisasi akan bekerja secara lebih selektif dan terkoordinasi dengan perangkat proteksi lainnya, seperti recloser dan circuit breaker. Dengan koordinasi proteksi yang baik, risiko terjadinya gangguan berulang atau pemutusan yang tidak diperlukan (nuisance trip) dapat diminimalkan, sehingga frekuensi gangguan pada titik yang sama dapat ditekan.

Secara keseluruhan, penerapan alat TARING tidak hanya memberikan solusi teknis dalam pelaksanaan pemeliharaan FCO tanpa pemadaman, tetapi juga berkontribusi secara sistemik terhadap peningkatan keandalan jaringan distribusi 20 kV. Dengan pengurangan pemadaman terencana, penurunan potensi SAIDI, SAIFI, dan ENS, serta perbaikan koordinasi proteksi, alat TARING memiliki potensi besar untuk mendukung pencapaian

target kinerja keandalan jaringan distribusi, khususnya di wilayah kerja UP3 Dumai.

4.2.6 Keterbatasan Penelitian

Penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan yang perlu diperhatikan dalam menafsirkan hasil dan kesimpulan yang diperoleh. Pengujian alat TARING dilakukan pada skala lapangan yang terbatas dan dalam rentang waktu tertentu, sehingga belum sepenuhnya merepresentasikan kondisi operasi jangka panjang pada jaringan distribusi tegangan menengah 20 kV. Pengujian yang dilakukan lebih difokuskan pada aspek fungsional dan keselamatan dasar, sehingga belum mencakup seluruh variasi kondisi beban, lingkungan, dan tingkat stres listrik yang mungkin terjadi dalam pengoperasian sehari-hari.

Selain itu, variasi tipe fuse cut out (FCO) dan karakteristik jaringan distribusi di wilayah lain belum seluruhnya diuji dalam penelitian ini. Perbedaan konfigurasi jaringan, tingkat kepadatan beban, kondisi geografis, serta faktor lingkungan seperti suhu, kelembapan, dan polusi dapat memengaruhi kinerja alat dalam jangka panjang. Keterbatasan ini menyebabkan hasil penelitian belum dapat digeneralisasikan sepenuhnya untuk seluruh sistem distribusi dengan karakteristik yang berbeda.

Keterbatasan lain yang perlu diperhatikan adalah belum dilakukannya analisis kuantitatif secara mendalam terhadap dampak penggunaan alat TARING terhadap indikator keandalan sistem, seperti SAIDI, SAIFI, dan energi tidak tersalurkan (ENS). Dalam penelitian ini, pembahasan dampak keandalan masih bersifat kualitatif berdasarkan hasil implementasi dan observasi lapangan. Analisis numerik yang lebih rinci akan memberikan gambaran yang lebih akurat mengenai besarnya kontribusi alat TARING terhadap peningkatan kinerja sistem distribusi.

Meskipun demikian, hasil penelitian ini telah memberikan gambaran awal yang kuat mengenai kelayakan alat TARING sebagai inovasi pendukung pekerjaan PDKB sentuh langsung. Dari sisi teknis, keselamatan, dan kemudahan operasional, alat TARING menunjukkan kinerja yang menjanjikan serta berpotensi memberikan manfaat signifikan dalam mendukung pemeliharaan jaringan tanpa pemadaman. Temuan ini menjadi dasar yang penting bagi pengembangan lebih lanjut dan penerapan alat TARING pada skala yang lebih luas.

Keterbatasan yang ada dalam penelitian ini dapat dijadikan sebagai landasan untuk penelitian lanjutan dengan cakupan wilayah yang lebih luas, variasi kondisi jaringan yang lebih beragam, serta durasi pengujian yang lebih panjang. Penelitian selanjutnya diharapkan dapat melibatkan evaluasi kinerja jangka panjang, analisis kuantitatif indikator

keandalan, serta kajian aspek ekonomi dan standar keselamatan, sehingga kelayakan alat TARING dapat dinilai secara lebih komprehensif sebelum diimplementasikan secara masif pada sistem distribusi tenaga listrik.

4.3 Analisis Dan Evaluasi Proyek

4.3.1 Analisis Teknis Kinerja Alat TARING (Tabung Spring)

Hasil perancangan dan pengujian menunjukkan bahwa alat TARING (Tabung Spring) mampu menjalankan fungsi utamanya sebagai pengganti sementara tabung fuse link pada fuse cut out (FCO) jaringan distribusi tegangan menengah 20 kV. Keberhasilan fungsi ini menunjukkan bahwa alat TARING dapat digunakan sebagai solusi teknis dalam mendukung kegiatan pemeliharaan FCO tanpa pemadaman, khususnya pada pekerjaan dalam keadaan bertegangan (PDKB) dengan metode sentuh langsung.

Secara teknis, kinerja alat TARING dipengaruhi oleh pemilihan material isolasi polyethylene (PE) yang memiliki kekuatan dielektrik tinggi, ketahanan terhadap tegangan menengah, serta sifat mekanis yang cukup baik untuk menahan beban kerja selama proses pemeliharaan. Material PE juga memiliki keunggulan berupa bobot yang relatif ringan dan ketahanan terhadap pengaruh lingkungan, sehingga mendukung kemudahan penggunaan serta meningkatkan keselamatan kerja petugas di lapangan. Sementara itu, sistem pegas (spring system) dirancang untuk memberikan tekanan mekanis yang stabil dan konsisten pada titik kontak, sehingga mampu mempertahankan fungsi penghantar arus listrik selama proses pelepasan dan pemasangan fuse link.

Sistem pegas pada alat TARING berperan penting dalam menjaga kontinuitas aliran arus listrik selama tahapan pekerjaan berlangsung. Tekanan mekanis yang dihasilkan oleh pegas memastikan kontak listrik tetap terjaga dengan baik, sehingga tidak terjadi lonjakan tegangan, percikan bunga api (arcing), maupun pelepasan beban secara tiba-tiba. Stabilitas ini sangat krusial dalam pekerjaan PDKB sentuh langsung, karena setiap ketidakstabilan mekanis tidak hanya berpotensi menimbulkan gangguan pada sistem distribusi, tetapi juga meningkatkan risiko keselamatan bagi petugas yang bekerja di sekitar peralatan bertegangan.

Selain itu, kestabilan mekanis yang dihasilkan oleh sistem pegas turut berkontribusi dalam mengurangi stres listrik dan termal pada peralatan FCO selama proses pemeliharaan. Dengan terjaganya kondisi kontak yang baik, potensi terjadinya pemanasan lokal (hot spot) dan degradasi komponen akibat arus transien dapat diminimalkan. Hal ini secara tidak langsung mendukung peningkatan umur peralatan serta keandalan sistem distribusi secara keseluruhan.

Dari sisi dimensi dan desain, alat TARING dirancang menyerupai tabung FCO standar, sehingga kompatibel dengan berbagai tipe dan merek FCO yang digunakan pada jaringan distribusi 20 kV PLN. Keseragaman bentuk dan ukuran ini memberikan kemudahan bagi petugas dalam pengoperasian alat tanpa memerlukan penyesuaian ulang terhadap posisi atau konfigurasi peralatan di lapangan. Desain tersebut juga mendukung tujuan standarisasi fuse link, karena meminimalkan potensi kesalahan pemasangan akibat ketidaksesuaian dimensi atau posisi kontak.

Secara keseluruhan, hasil perancangan dan pengujian membuktikan bahwa alat TARING tidak hanya memenuhi persyaratan fungsional sebagai pengganti sementara tabung fuse link, tetapi juga mampu meningkatkan aspek keselamatan, keandalan, dan efisiensi pekerjaan pemeliharaan FCO. Dengan karakteristik tersebut, alat TARING memiliki potensi untuk dikembangkan dan diimplementasikan lebih luas sebagai alat bantu standar dalam kegiatan PDKB sentuh langsung pada jaringan distribusi tegangan menengah 20 kV.

Manfaat Non Finansial

Implementasi inovasi TARING tidak hanya memberikan dampak secara teknis dan operasional, namun juga menghasilkan sejumlah manfaat non finansial yang signifikan bagi perusahaan, khususnya dalam peningkatan kualitas pelayanan dan keandalan sistem distribusi tenaga listrik. Adapun manfaat non finansial yang diperoleh dari inovasi ini adalah sebagai berikut:

Memaksimalkan pekerjaan pemeliharaan fuse link

Inovasi ini memungkinkan pelaksanaan pekerjaan penggantian fuse link dilakukan secara lebih efektif dan efisien tanpa memerlukan pemadaman. Hal ini membuat pemeliharaan FCO dapat dilaksanakan secara maksimal di berbagai kondisi lapangan.

Melindungi transformator distribusi dari kerusakan

Dengan adanya alat yang mendukung penggantian fuse link tepat waktu dan sesuai spesifikasi, maka fungsi proteksi terhadap transformator dapat berjalan optimal sehingga dapat mencegah terjadinya kerusakan transformator akibat arus lebih atau gangguan lainnya.

Meningkatkan mutu pelayanan kepada pelanggan

Penggunaan TARING memungkinkan pekerjaan dilakukan tanpa memutus aliran listrik, sehingga pelanggan tidak terdampak oleh gangguan atau pemeliharaan. Hal ini secara langsung meningkatkan kenyamanan dan kepuasan pelanggan terhadap layanan PLN.

Menekan nilai SAIDI dan SAIFI

Inovasi ini membantu mengurangi durasi dan frekuensi padam akibat pemeliharaan atau gangguan fuse, yang berdampak positif terhadap peningkatan indikator keandalan sistem distribusi, yaitu SAIDI (System Average Interruption Duration Index) dan SAIFI (System Average Interruption Frequency Index).

Meningkatkan reputasi dan citra perusahaan

Keberhasilan inovasi dalam menjaga kontinuitas suplai dan mengurangi gangguan distribusi listrik akan meningkatkan citra perusahaan sebagai penyedia listrik yang andal, profesional dan berorientasi pada kepuasan pelanggan.

Mendukung pembentukan data base fuse link pada gardu distribusi

Melalui pencatatan ukuran dan jenis fuse link setiap kali pekerjaan dilakukan dengan TARING, maka akan terbentuk data base teknis fuse link di seluruh gardu distribusi. Data ini sangat berguna dalam perencanaan, pengawasan, dan peningkatan standarisasi sistem proteksi jaringan.

4.3.2 Analisis Biaya Pembuatan dan Efisiensi Ekonomis Alat TARING

Dari sisi ekonomi, alat TARING (Tabung Spring) dirancang dengan mempertimbangkan efisiensi biaya tanpa mengurangi aspek keselamatan dan keandalan operasional. Pemilihan material utama berupa polyethylene (PE) sebagai bahan isolasi dan komponen mekanik sederhana berupa pegas (spring) memungkinkan proses pembuatan alat dilakukan dengan biaya yang relatif rendah dibandingkan dengan pengadaan peralatan khusus PDKB yang bersifat komersial.

Material PE mudah diperoleh di pasaran, memiliki harga yang terjangkau, serta memiliki karakteristik isolasi listrik dan ketahanan mekanis yang sesuai untuk aplikasi pada jaringan distribusi tegangan menengah. Selain itu, desain TARING yang sederhana dan tidak memerlukan komponen elektronik maupun sistem mekanik kompleks menjadikan proses fabrikasi dapat dilakukan secara lokal dengan peralatan bengkel standar. Hal ini secara signifikan menekan biaya produksi dan perawatan alat.

Jika dibandingkan dengan biaya operasional akibat pemadaman jaringan pada metode konvensional, penggunaan TARING memberikan keuntungan ekonomis yang lebih besar. Pemadaman terencana tidak hanya berdampak pada biaya operasional internal, tetapi juga berpotensi menimbulkan kerugian tidak langsung akibat penurunan

kualitas pelayanan kepada pelanggan. Dengan memungkinkan pekerjaan penggantian fuse link dilakukan tanpa pemadaman, alat TARING berkontribusi dalam mengurangi potensi biaya tersebut.

Selain itu, penggunaan TARING bersifat reusable dan dapat digunakan berulang kali pada berbagai lokasi pekerjaan, sehingga biaya per penggunaan menjadi semakin kecil. Dari sudut pandang manajemen aset, alat TARING memiliki nilai keekonomian yang tinggi karena umur pakai yang panjang dan kebutuhan perawatan yang minimal.

Berdasarkan analisis tersebut, dapat disimpulkan bahwa alat TARING tidak hanya layak secara teknis dan keselamatan kerja, tetapi juga layak secara ekonomis. Biaya pembuatan yang relatif murah menjadikan alat ini mudah diimplementasikan secara luas, khususnya pada unit-unit distribusi dengan keterbatasan anggaran, tanpa mengurangi kualitas dan keselamatan pekerjaan PDKB Sentuh Langsung.

Taring dibuat dengan biaya produksi yang rendah dan alat ini mampu memaksimalkan pekerjaan pemeliharaan penggantian *fuse link* sebagai alat proteksi untuk melindungi transformator dari kerusakan. Berikut rincian biaya pembuatan taring yang ditunjukkan dengan tabel 3.4.

Tabel 3.4. Rincian Anggaran Biaya Pembuatan TARING

No	Uraian	Jumlah	Satuan	Harga (Rupiah)		Keterangan
				Satuan	Total	
1	Pipa PE Ø 35mm x 100 m	1	Batang	70.000	70.000	Kebutuhan 20 cm
2	Jasa Bubut	1	Batang	300.000	300.000	
3	Mur baut 10mm	2	Buah	1.000	2.000	
4	Plat Aluminium 20 mm 15 cm x 15 cm	1	Lembar	177.000	177.000	
5	Skun Terminal	1	Buah	1.000	1.000	
6	Kawat <i>Spring</i>	1	Buah	30.000	30.000	
	Total				580.000	

Terbilang : Lima Ratus Delapan Puluh Ribu Rupiah

4.3.3 Analisis Efisiensi Waktu dan Operasional

Salah satu keunggulan utama penggunaan alat TARING adalah peningkatan efisiensi waktu pekerjaan. Berdasarkan hasil uji lapangan, penggantian dan standarisasi fuse link dapat dilakukan lebih cepat dibandingkan metode konvensional yang memerlukan pemadaman jaringan.

Pada metode offline, waktu pekerjaan tidak hanya dipengaruhi oleh proses penggantian fuse link, tetapi juga oleh proses persiapan pemadaman, koordinasi dengan unit terkait, serta proses penyambungan kembali jaringan. Dengan menggunakan alat

TARING, seluruh tahapan tersebut dapat dieliminasi, sehingga waktu kerja di lapangan menjadi lebih singkat dan sederhana.

Efisiensi waktu ini berdampak langsung pada efisiensi operasional PLN, karena:

1. Mengurangi waktu kerja personel,
2. Mengurangi kebutuhan manuver jaringan,
3. Mengurangi risiko kesalahan saat penyambungan ulang.

Dengan demikian, penggunaan TARING tidak hanya memberikan manfaat teknis, tetapi juga manfaat ekonomis dan operasional bagi perusahaan.

4.3.4 Analisis Risiko

Analisis risiko dilakukan untuk mengidentifikasi potensi bahaya dan kendala yang dapat muncul apabila inovasi alat TARING diterapkan dalam kegiatan pemeliharaan fuse cut out (FCO) pada jaringan distribusi tegangan menengah 20 kV. Identifikasi risiko ini bertujuan untuk memastikan bahwa penerapan inovasi tidak menimbulkan risiko baru yang dapat membahayakan keselamatan petugas, mengganggu keandalan sistem, maupun menurunkan efektivitas pekerjaan PDKB sentuh langsung.

Setiap risiko dianalisis berdasarkan penyebab, potensi dampak yang ditimbulkan, serta tingkat kemungkinan dan tingkat dampaknya terhadap keselamatan kerja dan kinerja sistem. Hasil analisis tersebut kemudian diklasifikasikan ke dalam tingkat risiko, sehingga dapat ditentukan langkah pengendalian dan mitigasi yang paling tepat. Pendekatan ini penting untuk memastikan bahwa seluruh risiko yang bersifat kritis dapat dikendalikan hingga berada pada tingkat yang dapat diterima sebelum inovasi diterapkan secara operasional.

Sebagai bagian dari proses manajemen risiko, tindakan mitigasi dirancang untuk menurunkan tingkat kemungkinan maupun tingkat dampak risiko yang telah diidentifikasi. Efektivitas mitigasi kemudian dievaluasi kembali untuk memastikan bahwa risiko residual berada pada kategori rendah dan dapat diterima sesuai dengan prinsip keselamatan kerja pada pekerjaan dalam keadaan bertegangan (PDKB).

Berdasarkan hasil identifikasi dan analisis yang telah dilakukan, risiko-risiko yang berpotensi muncul serta upaya mitigasinya disajikan pada Tabel 3.6. Tabel tersebut menggambarkan perubahan tingkat risiko sebelum dan sesudah dilakukan pengendalian, sehingga dapat menunjukkan bahwa inovasi alat TARING telah dilengkapi dengan langkah mitigasi yang memadai untuk mendukung penerapannya secara aman dan andal.

Tabel 3.6. Identifikasi Risiko dan Mitigasi

Identifikasi Risiko		Analisa Risiko					Kontrol			
No	Deskripsi Risiko	Penyebab Risiko	Dampak Risiko	Tingkat Kemungkinan	Tingkat Dampak	Tingkat Risiko	Mitigasi	Tingkat Kemungkinan	Tingkat Dampak	Tingkat Risiko
1	Kecelakaan Kerja	Tertimpa Alat	Cidera Pekerja	Besar	Sangat Signifikan	Ekstrem	Memberikan lubang <i>pull ring</i> pada bagian atas	Sedang	Minor	Rendah
2	<i>Fuse</i> tidak Berfungsi	<i>Fuse</i> Tidak Terpasang atau Putus Sebelum Digunakan	Alat Tidak Berfungsi	Besar	Signifikan	Ekstrem	Menambahkan skun pada ujung baut <i>arc shortening rod</i>	Sedang	Minor	Rendah

Matriks risiko pada Tabel 3.7 digunakan sebagai alat bantu untuk menentukan tingkat risiko berdasarkan kombinasi antara tingkat kemungkinan terjadinya suatu risiko dan tingkat dampak yang ditimbulkan. Matriks ini berfungsi untuk memetakan setiap risiko ke dalam kategori tertentu, sehingga memudahkan dalam proses evaluasi, penentuan prioritas penanganan, serta pengambilan keputusan terkait penerapan inovasi alat TARING.

Dalam matriks risiko tersebut, tingkat kemungkinan menggambarkan seberapa sering suatu kejadian berpotensi terjadi, mulai dari kemungkinan rendah

hingga tinggi.

Sementara itu, tingkat dampak menunjukkan besarnya konsekuensi yang ditimbulkan apabila risiko tersebut benar-benar terjadi, baik terhadap keselamatan kerja petugas, keandalan sistem distribusi, maupun keberlangsungan operasi pemeliharaan. Kombinasi antara kedua parameter tersebut menghasilkan tingkat risiko yang diklasifikasikan ke dalam kategori rendah, sedang, tinggi, atau ekstrem.

Penggunaan matriks risiko memungkinkan identifikasi risiko dengan tingkat ekstrem dan tinggi untuk mendapatkan perhatian dan penanganan prioritas. Risiko dengan tingkat tersebut wajib diberikan tindakan pengendalian dan mitigasi sebelum inovasi diterapkan di lapangan. Sebaliknya, risiko dengan tingkat sedang dan rendah tetap perlu dipantau, namun dapat diterima dengan pengendalian yang sesuai dan prosedur kerja yang tepat.

Melalui penerapan matriks risiko pada Tabel 3.7, dapat dievaluasi efektivitas tindakan mitigasi yang telah direncanakan. Penurunan tingkat kemungkinan dan/atau tingkat dampak setelah dilakukan kontrol menunjukkan bahwa risiko residual berada pada tingkat yang dapat diterima. Hal ini menegaskan bahwa inovasi alat TARING telah dirancang dengan mempertimbangkan aspek keselamatan dan manajemen risiko sesuai dengan prinsip pekerjaan dalam keadaan bertegangan (PDKB).

Dengan demikian, matriks risiko tidak hanya berfungsi sebagai alat klasifikasi risiko, tetapi juga sebagai dasar evaluasi keberterimaan risiko (risk acceptability) dalam penerapan alat TARING. Pendekatan ini memastikan bahwa inovasi yang diterapkan tidak hanya efektif secara teknis, tetapi juga aman dan sesuai dengan standar keselamatan kerja yang berlaku.

Tabel 3.7. Matriks Risiko

Tingkat kemungkinan	Sangat Besar	Moderat	Moderat	Tinggi	Ekstrem	Ekstrem
	Besar	Rendah	Moderat	Tinggi	Ekstrem	Ekstrem
	Besar	Rendah	Moderat	Tinggi	Tinggi	Ekstrem
	Sedang	Rendah	Rendah	Moderat	Tinggi	Ekstrem
	Kecil	Rendah	Rendah	Moderat	Tinggi	Tinggi
		Tidak Signifikan	Minor	Medium	Signifikan	Sangat Signifikan
		Tingkat Dampak				

Berdasarkan Tabel 3.6 dan Tabel 3.7 dapat disimpulkan bahwa tingkat risiko yang berpotensi terjadi akibat berbagai penyebab risiko pada penerapan inovasi alat TARING pada awalnya berada pada kategori ekstrem. Tingkat risiko tersebut dipengaruhi oleh tingginya tingkat kemungkinan kejadian serta besarnya dampak yang dapat ditimbulkan, terutama terkait keselamatan kerja petugas dan keandalan sistem distribusi. Namun demikian, melalui penerapan tindakan mitigasi risiko yang telah direncanakan dan dilaksanakan, tingkat kemungkinan maupun tingkat dampak risiko dapat diturunkan secara signifikan. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa risiko yang semula berada pada kategori ekstrem dapat direduksi hingga berada pada tingkat risiko rendah, sehingga dapat diterima untuk penerapan operasional sesuai dengan prinsip keselamatan kerja pada pekerjaan dalam keadaan bertegangan (PDKB).

Untuk memastikan bahwa penerapan inovasi alat TARING tidak hanya aman dari sisi risiko, tetapi juga efektif dan memberikan manfaat nyata, maka dilakukan beberapa pendekatan analisis sebagai berikut.

1. Analisis Teknis

Analisis teknis dilakukan untuk mengevaluasi efektivitas alat inovasi tabung spring (TARING) dari aspek teknis dan operasional. Parameter yang dianalisis meliputi kemudahan penggunaan oleh petugas PDKB, tingkat keamanan kerja selama proses pelepasan dan pemasangan fuse link, serta waktu pengerjaan yang dibutuhkan

dibandingkan dengan metode konvensional. Analisis ini bertujuan untuk memastikan bahwa alat TARING mampu berfungsi sesuai dengan desain dan spesifikasi yang direncanakan serta mendukung efisiensi pekerjaan pemeliharaan tanpa pemadaman.

2. Analisis Keandalan

Analisis keandalan dilakukan untuk mengukur pengaruh penggunaan alat TARING terhadap kinerja keandalan sistem distribusi tenaga listrik, khususnya terhadap indeks SAIDI dan SAIFI. Evaluasi dilakukan dengan membandingkan data keandalan sebelum dan sesudah penerapan alat TARING pada kegiatan pemeliharaan FCO. Analisis ini bertujuan untuk menilai sejauh mana penggunaan alat TARING mampu mengurangi durasi dan frekuensi pemadaman, terutama yang berasal dari pemadaman terencana akibat pekerjaan pemeliharaan.

3. Analisis Kualitatif

Analisis kualitatif dilakukan untuk menilai respon, pengalaman, dan persepsi petugas PDKB terhadap penggunaan alat TARING di lapangan. Penilaian mencakup aspek manfaat alat dalam mendukung pekerjaan PDKB sentuh langsung, tingkat kenyamanan dan ergonomi selama penggunaan, serta kontribusi alat terhadap peningkatan keselamatan kerja. Hasil analisis kualitatif ini menjadi masukan penting untuk penyempurnaan desain alat serta sebagai dasar evaluasi keberterimaan inovasi dari sudut pandang pengguna langsung.

Melalui ketiga pendekatan analisis tersebut, diharapkan dapat diperoleh gambaran yang komprehensif mengenai kelayakan inovasi alat TARING, baik dari aspek keselamatan, teknis, keandalan sistem, maupun penerimaan oleh petugas di lapangan. Pendekatan ini juga memperkuat dasar pengambilan keputusan dalam pengembangan dan penerapan alat TARING secara lebih luas pada kegiatan pemeliharaan jaringan distribusi tegangan menengah 20 kV.

4.3.5 Evaluasi Kinerja Teknis Alat TARING

Dari sisi teknis, alat TARING dievaluasi berdasarkan beberapa parameter utama, yaitu kemampuan menjaga kontinuitas arus listrik, kekuatan dan stabilitas mekanik, serta kemampuan isolasi listrik dari material yang digunakan. Berdasarkan hasil pengujian laboratorium, material isolasi berbahan polyethylene (PE) menunjukkan karakteristik isolasi yang baik dan tidak mengalami tembus listrik selama pengujian. Hal ini menunjukkan bahwa material yang digunakan telah memenuhi persyaratan dasar untuk diaplikasikan pada jaringan distribusi tegangan menengah.

Sistem pegas (spring system) yang digunakan pada alat TARING berfungsi sebagai

penopang mekanis untuk memastikan alat tetap berada pada posisi kerja yang stabil saat dipasang pada FCO. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa sistem pegas mampu memberikan tekanan yang cukup untuk menjaga kestabilan alat, baik saat pemasangan, pelepasan, maupun selama proses penggantian fuse link. Selain itu, batang penghantar (arc shortening rod) yang berfungsi sebagai jalur arus sementara mampu menjaga kontinuitas aliran listrik selama pekerjaan berlangsung.

Meskipun demikian, hasil evaluasi teknis juga menunjukkan bahwa masih terdapat potensi pengembangan lebih lanjut, khususnya pada optimasi dimensi alat dan ketahanan mekanik terhadap penggunaan berulang dalam jangka panjang. Evaluasi ini menunjukkan bahwa secara teknis alat TARING telah memenuhi fungsi utamanya, namun tetap memerlukan penyempurnaan untuk meningkatkan keandalan jangka panjang.

4.3.6 Evaluasi Proses Implementasi di Lapangan

Evaluasi implementasi lapangan dilakukan dengan mengamati secara langsung penggunaan alat TARING pada jaringan distribusi 20 kV menggunakan metode PDKB Sentuh Langsung. Dari hasil implementasi, alat TARING dapat dipasang dan dilepas dengan baik pada FCO tanpa menimbulkan gangguan tambahan pada sistem distribusi.

Proses penggantian fuse link menggunakan alat TARING menunjukkan alur kerja yang lebih sederhana dibandingkan metode konvensional yang memerlukan pemadaman jaringan. Petugas PDKB tidak perlu melakukan koordinasi pemadaman maupun proses penormalan jaringan, sehingga waktu pekerjaan menjadi lebih singkat dan efisien. Evaluasi ini menunjukkan bahwa alat TARING memberikan nilai tambah dari sisi kemudahan dan kecepatan pelaksanaan pekerjaan.

Namun demikian, evaluasi juga menunjukkan bahwa pada tahap awal penggunaan alat diperlukan penyesuaian terhadap prosedur kerja. Hal ini wajar mengingat alat TARING merupakan inovasi baru yang belum sepenuhnya terintegrasi dalam prosedur standar. Dengan adanya pembiasaan dan penyempurnaan SOP, efektivitas implementasi alat diperkirakan dapat meningkat.

4.3.7 Evaluasi Aspek Keselamatan Kerja PDKB

Keselamatan kerja merupakan aspek yang sangat krusial dalam pekerjaan PDKB Sentuh Langsung. Oleh karena itu, evaluasi terhadap aspek keselamatan kerja menjadi bagian penting dalam analisis proyek ini. Alat TARING dirancang dengan mempertimbangkan prinsip dasar keselamatan PDKB, yaitu penggunaan material isolasi yang memadai dan desain mekanik yang stabil.

Hasil evaluasi menunjukkan bahwa alat TARING mampu memberikan tingkat keamanan

tambahan bagi petugas PDKB selama bekerja. Stabilitas alat mengurangi potensi pergerakan yang tidak diinginkan saat pekerjaan berlangsung, sehingga risiko kecelakaan kerja dapat diminimalkan. Selain itu, penggunaan alat TARING membantu mengurangi manipulasi langsung pada komponen FCO dalam kondisi jaringan tidak bertegangan, yang selama ini berpotensi menimbulkan kesalahan prosedur.

Meskipun alat TARING memberikan dukungan keselamatan, evaluasi juga menegaskan bahwa alat ini tidak dapat menggantikan penerapan prosedur keselamatan kerja PDKB secara menyeluruh. Kepatuhan terhadap SOP, penggunaan alat pelindung diri (APD), serta pengawasan oleh personel berkompeten tetap menjadi faktor utama dalam menjaga keselamatan kerja.

4.3.8 Evaluasi Efektivitas Pemeliharaan dan Standarisasi Fuse Link

Salah satu tujuan utama proyek ini adalah mendukung kegiatan standarisasi fuse link pada FCO sesuai dengan kapasitas transformator distribusi. Evaluasi menunjukkan bahwa penggunaan alat TARING mempermudah proses pengecekan dan penggantian fuse link tanpa harus memadamkan jaringan.

Dengan kemudahan tersebut, peluang untuk melakukan standarisasi fuse link secara lebih konsisten menjadi lebih besar. Standarisasi ini penting untuk memastikan koordinasi sistem proteksi berjalan dengan baik, sehingga risiko gangguan berulang akibat fuse link yang tidak sesuai dapat diminimalkan. Evaluasi ini menunjukkan bahwa alat TARING tidak hanya berfungsi sebagai alat bantu teknis, tetapi juga sebagai sarana pendukung peningkatan kualitas pemeliharaan jaringan distribusi.

4.3.9 Evaluasi Dampak terhadap Keandalan Sistem Distribusi

Dari sisi keandalan sistem, evaluasi proyek menunjukkan bahwa penggunaan alat TARING berpotensi memberikan dampak positif terhadap indikator keandalan sistem distribusi, yaitu SAIDI dan SAIFI. Dengan dihilangkannya pemadaman terencana akibat kegiatan penggantian fuse link dan FCO, maka durasi dan frekuensi pemadaman pelanggan dapat ditekan.

Selain itu, energi tidak tersalurkan (ENS) akibat pekerjaan pemeliharaan juga dapat dikurangi. Meskipun dalam proyek ini belum dilakukan pengukuran kuantitatif jangka panjang, hasil implementasi lapangan menunjukkan kecenderungan bahwa penggunaan alat TARING mendukung peningkatan kontinuitas penyaluran energi listrik kepada pelanggan.

Evaluasi ini menunjukkan bahwa alat TARING sejalan dengan upaya peningkatan keandalan sistem distribusi yang menjadi salah satu indikator kinerja utama perusahaan

penyedia tenaga listrik.

4.3.10 Evaluasi Pencapaian Tujuan Proyek

Berdasarkan seluruh hasil analisis dan evaluasi yang telah dilakukan, dapat dinilai bahwa proyek perancangan dan implementasi alat TARING telah mencapai tujuan yang ditetapkan. Alat TARING mampu berfungsi sebagai solusi teknis untuk mendukung pekerjaan PDKB Sentuh Langsung, meningkatkan efisiensi pemeliharaan, mendukung keselamatan kerja, serta berkontribusi terhadap peningkatan keandalan sistem distribusi. Meskipun masih terdapat beberapa keterbatasan dan peluang pengembangan, secara umum proyek ini dapat dikategorikan berhasil dan layak untuk dikembangkan lebih lanjut pada skala yang lebih luas.

4.4 Kendala dan Solusi

Pelaksanaan proyek perancangan, pengujian, dan implementasi alat TARING (Tabung Spring) sebagai alat bantu pekerjaan Pekerjaan Dalam Keadaan Bertegangan (PDKB) Sentuh Langsung pada jaringan distribusi tegangan menengah 20 kV tidak terlepas dari berbagai kendala. Kendala tersebut muncul pada setiap tahapan proyek, mulai dari tahap perencanaan dan perancangan alat, proses pembuatan dan pengujian, hingga tahap implementasi di lapangan. Identifikasi kendala serta penentuan solusi yang tepat menjadi bagian penting dalam mengevaluasi keberhasilan proyek dan sebagai dasar pengembangan selanjutnya.

4.4.1 Kendala pada Tahap Perencanaan dan Perancangan

Pada tahap perencanaan dan perancangan, kendala utama yang dihadapi adalah variasi kondisi Fuse Cut Out (FCO) yang terpasang di lapangan. Perbedaan tipe, dimensi, serta kondisi fisik FCO akibat faktor umur dan lingkungan menyebabkan alat yang dirancang harus memiliki toleransi dimensi yang cukup besar agar dapat diaplikasikan secara umum.

Selain itu, perancangan alat harus mempertimbangkan keseimbangan antara kekuatan mekanik dan kemampuan isolasi listrik. Material dengan kekuatan mekanik tinggi belum tentu memiliki sifat isolasi yang optimal, sedangkan material dengan isolasi tinggi dapat memiliki keterbatasan dari sisi kekuatan struktur.

Solusi:

Solusi yang diterapkan adalah melakukan observasi dan pengukuran langsung terhadap FCO yang menjadi objek implementasi. Data tersebut digunakan sebagai acuan dalam menentukan dimensi dan desain alat. Selain itu, dilakukan studi literatur dan diskusi teknis dengan petugas PDKB berpengalaman untuk menentukan material isolasi yang

sesuai. Berdasarkan hasil evaluasi, material polyethylene (PE) dipilih karena memiliki sifat isolasi listrik yang baik, kekuatan mekanik yang memadai, serta mudah dalam proses fabrikasi.

4.4.2 Kendala pada Tahap Pembuatan dan Perakitan Alat

Pada tahap pembuatan dan perakitan alat TARING, kendala yang dihadapi berkaitan dengan keterbatasan peralatan fabrikasi dan tingkat presisi pengerjaan. Proses pembuatan yang dilakukan dengan peralatan sederhana berpotensi menyebabkan ketidaksesuaian antara desain awal dengan hasil akhir alat.

Selain itu, perakitan sistem pegas (spring system) dan batang penghantar memerlukan ketelitian tinggi. Kesalahan kecil pada tahap perakitan dapat memengaruhi kestabilan alat saat digunakan pada kondisi bertegangan.

Solusi:

Solusi yang dilakukan adalah melaksanakan proses pembuatan dan perakitan secara bertahap disertai dengan pemeriksaan ulang pada setiap komponen. Apabila ditemukan ketidaksesuaian, dilakukan penyesuaian desain dan perbaikan sebelum alat dirakit secara keseluruhan. Pendekatan ini bertujuan untuk memastikan alat yang dihasilkan tetap sesuai dengan fungsi dan tujuan perancangan.

4.4.3 Kendala pada Tahap Pengujian

Pada tahap pengujian, kendala yang dihadapi adalah keterbatasan fasilitas pengujian yang mampu merepresentasikan kondisi operasi jaringan distribusi tegangan menengah 20 kV secara menyeluruh. Pengujian tidak dapat dilakukan pada seluruh parameter kelistrikan secara detail, khususnya pengujian tegangan tinggi dalam jangka waktu lama. Selain itu, keterbatasan waktu juga menjadi kendala dalam melakukan pengujian berulang untuk memperoleh data kinerja yang lebih komprehensif.

Solusi:

Sebagai solusi, pengujian difokuskan pada parameter utama yang berkaitan langsung dengan fungsi dan keselamatan alat, seperti uji visual, uji mekanik, dan uji isolasi dasar. Untuk melengkapi hasil pengujian laboratorium, dilakukan implementasi dan pengujian lapangan secara terbatas menggunakan metode PDKB Sentuh Langsung. Hasil pengujian laboratorium dan lapangan digunakan secara bersama-sama sebagai dasar evaluasi kinerja alat.

4.4.4 Kendala pada Tahap Implementasi Lapangan

Pada tahap implementasi lapangan, kendala yang dihadapi cukup kompleks karena melibatkan kondisi jaringan distribusi yang beragam, keterbatasan waktu pelaksanaan

pekerjaan, serta faktor lingkungan seperti kondisi cuaca. Selain itu, penggunaan alat baru memerlukan penyesuaian terhadap prosedur kerja PDKB yang telah diterapkan sebelumnya.

Solusi:

Solusi yang diterapkan adalah melakukan perencanaan dan koordinasi pekerjaan secara matang sebelum pelaksanaan, termasuk penyesuaian urutan kerja PDKB agar sesuai dengan karakteristik alat TARING. Pekerjaan dilakukan oleh petugas PDKB bersertifikat dan dilaksanakan pada kondisi lingkungan yang mendukung untuk meminimalkan risiko kerja.

4.4.5 Kendala Terkait Aspek Keselamatan Kerja

Pekerjaan PDKB Sentuh Langsung memiliki tingkat risiko yang tinggi, sehingga kendala pada aspek keselamatan kerja menjadi perhatian utama. Salah satu potensi kendala adalah munculnya rasa aman yang berlebihan akibat penggunaan alat bantu, yang dapat menurunkan tingkat kewaspadaan petugas terhadap bahaya listrik.

Solusi:

Solusi yang dilakukan adalah dengan menegaskan bahwa alat TARING berfungsi sebagai alat bantu kerja, bukan sebagai pengganti prosedur keselamatan. Oleh karena itu, seluruh pekerjaan tetap mengacu pada standar keselamatan PDKB, termasuk penggunaan alat pelindung diri (APD) lengkap, pelaksanaan briefing keselamatan sebelum pekerjaan, serta pengawasan selama pekerjaan berlangsung.

4.4.6 Kendala dalam Evaluasi Jangka Panjang

Kendala terakhir yang dihadapi adalah keterbatasan data evaluasi jangka panjang terkait ketahanan alat, keandalan mekanik, serta dampak penggunaan alat TARING terhadap indikator keandalan sistem distribusi seperti SAIDI, SAIFI, dan energi tidak tersalurkan (ENS). Proyek ini dilaksanakan dalam rentang waktu terbatas sehingga data jangka panjang belum dapat diperoleh secara menyeluruh.

Solusi:

Sebagai solusi, diperlukan pengujian lanjutan dan penerapan alat TARING dalam jangka waktu yang lebih panjang serta pada cakupan jaringan yang lebih luas. Data yang diperoleh dari implementasi lanjutan tersebut dapat digunakan sebagai dasar penyempurnaan desain alat, penyusunan standar operasional, serta pengembangan inovasi sejenis di masa mendatang.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan tujuan penelitian serta hasil perancangan, pengujian, dan penerapan alat TARING (Tabung Spring) pada Fuse Cut Out (FCO) jaringan distribusi 20 kV dengan metode PDKB Sentuh Langsung, dapat ditarik beberapa simpulan sebagai berikut.

1. Alat TARING berhasil direalisasikan sebagai alat standarisasi pemasangan fuse link dan tabung FCO. Alat mampu menempatkan fuse link pada posisi penguncian yang sama sehingga posisi kontak listrik antar fasa menjadi seragam.
2. Penggunaan alat memastikan fuse link terpasang lurus dan masuk sempurna ke dudukan FCO sehingga koordinasi proteksi menjadi lebih baik dan mengurangi potensi kegagalan kerja proteksi maupun gangguan berulang.
3. Mekanisme pegas pada alat mampu menekan fuse link hingga titik penguncian secara konsisten berdasarkan pengujian berulang, sehingga alat layak digunakan sebagai alat bantu standarisasi pemeliharaan FCO pada jaringan distribusi 20 kV.
4. Alat dapat digunakan pada pekerjaan PDKB sentuh langsung sehingga penggantian fuse link dapat dilakukan tanpa pemadaman jaringan.
5. Berdasarkan perhitungan energi tidak tersalurkan (ENS), penerapan alat TARING mampu mencegah pemadaman sebesar 3 kali pekerjaan dengan total energi terselamatkan sebesar 9.421 kWh, sehingga berkontribusi terhadap peningkatan keandalan sistem distribusi dan penurunan nilai SAIDI dan SAIFI.

Secara keseluruhan, alat TARING merupakan inovasi teknis yang memiliki nilai kebaruan pada fungsi penggantian sementara tabung fuse link sekaligus mendukung standarisasi fuse link dalam pekerjaan bertegangan. Inovasi ini memberikan kontribusi nyata terhadap pengembangan metode pemeliharaan jaringan distribusi 20 kV yang lebih andal, aman, dan efisien.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian dan simpulan yang telah diperoleh, beberapa saran yang dapat disampaikan adalah sebagai berikut.

1. Diperlukan pengujian lanjutan dengan cakupan wilayah dan jumlah titik FCO yang lebih luas untuk memperoleh gambaran kinerja alat TARING secara lebih komprehensif. Pengujian jangka panjang juga disarankan untuk menilai keandalan mekanik dan material alat dalam kondisi operasi yang berulang.
2. Penyempurnaan desain alat TARING dapat dilakukan pada aspek ergonomi dan

kemudahan pemasangan agar waktu kerja di lapangan dapat semakin dipersingkat. Selain itu, standarisasi dimensi dan spesifikasi teknis alat perlu disusun secara formal agar dapat dijadikan acuan penggunaan di lingkungan PLN.

3. Hasil penelitian ini direkomendasikan untuk dapat ditindaklanjuti oleh pemangku kepentingan, khususnya unit terkait di PT PLN (Persero), sebagai salah satu alternatif alat bantu resmi dalam pekerjaan PDKB Sentuh Langsung. Dengan penyesuaian terhadap prosedur dan regulasi internal, alat TARING berpotensi diterapkan secara luas guna mendukung peningkatan keandalan sistem distribusi tenaga listrik.
4. Bagi penelitian selanjutnya, disarankan untuk mengkaji integrasi alat TARING dengan sistem manajemen aset dan basis data fuse link, sehingga proses standarisasi proteksi transformator dapat dilakukan secara lebih terencana dan terdokumentasi dengan baik.
5. Penelitian ini belum dilengkapi dengan penyusunan instruksi kerja khusus penggunaan alat TARING (Tabung Spring) pada pekerjaan PDKB Sentuh Langsung. Oleh karena itu, disarankan agar pada pengembangan selanjutnya dilakukan penyusunan instruksi kerja yang memuat tahapan penggunaan alat secara rinci, mulai dari persiapan peralatan, metode pemasangan dan pelepasan TARING pada Fuse Cut Out (FCO), hingga langkah pengamanan setelah pekerjaan selesai. Keberadaan instruksi kerja yang jelas dan terstandarisasi diharapkan dapat meminimalkan potensi kesalahan operasional, meningkatkan keselamatan kerja, serta memastikan penggunaan alat TARING dapat dilakukan secara konsisten oleh seluruh personel PDKB di lapangan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Aritonang Jeri (2021), Operasional dan pemeliharaan Fuse cut out (fco) sebagai sistem proteksi pada Jaringan distribusi tegangan menengah 20kv Pt. Mustikaasahan jaya.
- [2] Nurmawan Aji (2015), Pemeliharaan komponen fuse cut out (fco)
- [3] Yusmartato, Ramayulis Nasution, Armansyah (2019), Pemilihan fuse cut out untuk pengaman Transformator distribusi.
- [4] Surat Keputusan Direksi Nomor 092.K/DIR/2005 tentang Pedoman Keselamatan Kerja di Lingkungan PT PLN (Persero).
- [5] Standar konstruksi jaringan distribusi tenaga listrik yang berlaku.
- [6] Surat Keputusan Direksi Nomor 606.K/DIR/2010 tentang Standar Konstruksi Jaringan Tegangan Menengah Tenaga Listrik
- [7] SOP Pekerjaan Dalam Keadaan Bertegangan tentang pekerjaan penggantian FCO
- [8] SPLN D3-06-2017 Spesifikasi FCO
- [9] SPLN D3-028-2019 Gardu Distribusi
- [10] SPLN 82-1:1991 (PDKB Bag:1 Peraturan Umum)
- [11] SPLN 82-2:1991 (PDKB Bag:2 JTR)
- [12] Persyaratan Kerja dan Lembaran Teknik Perkakas).
- [13] SPLN 82-3:1991 (PDKB Bag:2 JTM, Persyaratan Kerja dan Lembaran Teknik Perkakas).
- [14] Skripsi dari Ir. Bambang Sugiyantoro, M.T. Universitas Gadjah Mada tentang pemanfaatan isolator plastik berbahan PE untuk mendukung pekerjaan dalam keadaan bertegangan (PDKB).
- [15] ISO 17855-1:2014 (tentang karakteristik Polyethylene).

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



Data Personal

Nama Mahasiswa : Rizki Mailani
Program Studi : Diploma III Teknologi Listrik
NIM : 202371597
Tempat, tanggal lahir : Pekanbaru, 29 May 1994
Jenis kelamin : Laki – laki
Agama : Islam
No HP : 081386161911
Email : rizki2371597@itpln.ac.id
Alamat rumah : Jl Tirtonadi Gg Muslim Dumai
Pendidikan
SD : SDN 004 Dumai ,tahun lulus 2006
SMP : MTsN Dumai ,tahun lulus 2009
SMA : SMKN 2 Dumai ,tahun lulus 2012

Demikian daftar riwayat hidup ini dibuat dengan sebenarnya.

Jakarta, 22 Februari 2026
Mahasiswa

(Rizki Mailani)

202371597_RIZKI MAILANI_TUGAS AKHIR_FIX.pdf

ORIGINALITY REPORT

10%

SIMILARITY INDEX



PRIMARY SOURCES

1	www.scribd.com Internet	90 words — 1%
2	sinta.unud.ac.id Internet	75 words — 1%
3	www.coursehero.com Internet	50 words — < 1%
4	ejournal.unesa.ac.id Internet	41 words — < 1%
5	www.karyailmiah.trisakti.ac.id Internet	39 words — < 1%
6	lib.unnes.ac.id Internet	38 words — < 1%
7	pdfcoffee.com Internet	37 words — < 1%
8	text-id.123dok.com Internet	37 words — < 1%
9	repository.its.ac.id Internet	36 words — < 1%
10	repository.pnb.ac.id Internet	

LAMPIRAN LAMPIRAN

Lampiran 1 Lembar Bimbingan Tugas Akhir



LEMBAR BIMBINGAN TUGAS AKHIR

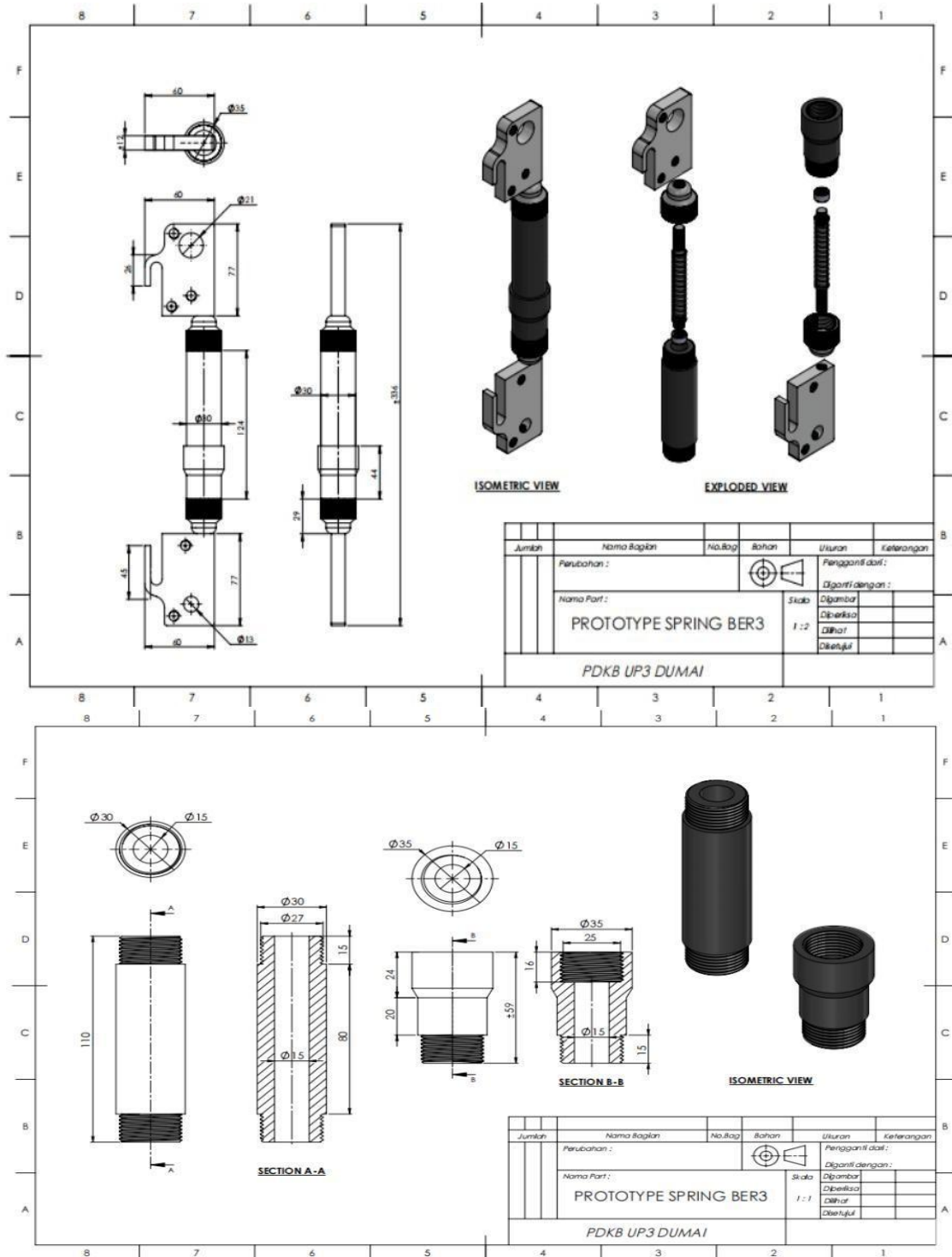
Nama Mahasiswa : Rizki Mailani
NIM : 202371597
Program Studi : D-III Teknologi Listrik
Fakultas : Sekolah Vokasi
Pembimbing Utama : SIGIT SUKMAJATI, S.T., M.T
Judul Tugas Akhir : Rancang Bangun Alat TARING untuk Standarisasi dan Pemeliharaan Tabung Fuse Link FCO 20 kV Metode PDKB Sentuh Langsung

Tanggal	Materi Bimbingan	Paraf Bimbingan
05 September 2025	Konsultasi awal tugas akhir, penentuan judul dan ruang lingkup	
20 September 2025	Penyusunan Bab I (Pendahuluan)	
10 Oktober 2025	Penyusunan Bab II (Landasan Teori)	
30 Oktober 2025	Penyusunan Bab III (Metode Penelitian)	
20 November 2025	Pengumpulan data penelitian	
10 Desember 2025	Penyusunan Bab IV (Hasil dan Pembahasan)	

Tanggal	Materi Bimbingan	Paraf Bimbingan
05 Januari 2026	Penyusunan Bab V (Kesimpulan dan Saran)	
23 Januari 2026	Bimbingan revisi Bab IV dan perapihan penulisan	
31 Januari 2026	Finalisasi dokumen TA dan persiapan sidang	

LAMPIRAN LAMPIRAN

GAMBAR DESAIN TABUNG SPRING (TARING)



SOP DAN IK



DOKUMEN KERJA PDKB

	UNIT INDUK WILAYAH RIAU DAN KEPRI UNIT PELAKSANA PELAYANAN PELANGGAN DUMAI		
DOKUMEN PELAKSANAAN PEKERJAAN DALAM KEADAAN BERTEGANGAN PEMELIHARAAN FUSE CUT OUT PERCABANGAN PDKB-TM METODE SENTUH LANGSUNG PDKB TM			
SP2B NO	: 179/UP3 DUMAI/PDKB-TM/V/2025	TANGGAL	: 23-05-2025
SP3B NO	: 179/UP3 DUMAI/PDKB-TM/V/2025	TANGGAL	: 23-05-2025
JENIS PEKERJAAN : PEMELIHARAAN FUSE CUT OUT PERCABANGAN PDKB-TM METODE SENTUH LANGSUNG NO WORK ORDER : 034/WO/UP3 DUMAI/REP/V/2025 LOKASI : Jalan Sudirman Pasar Lepin Dumai NO. TIANG : - PENYULANG : RUSIA GARDU INDUK : GI 20 KV DUMAI ULP : ULP DUMAI KOTA			



PT. PLN (Persero)
 Unit Induk Distribusi Riau & Kepulauan Riau
 UP3 DUMAI

FORMULIR IJIN KERJA Working Permit Form

DETAIL WORKING PERMIT			
Nomor Formulir	0033/40400200/V/2025	Status	DONE
Jenis Pekerjaan	Internal Unit	No. SPK/SPJ	
Nama Perusahaan	PDKB UP3 Dumai		
Nama Pekerjaan	Implementasi Inovasi Tabung Spring (Taring)		
Department	Jaringan		
Unit Pelaksana	UP3 DUMAI		
Unit Induk	Unit Induk Distribusi Riau & Kepulauan Riau		
Direksi Pekerjaan	Irsansyah		
Pengawas Pekerjaan	Muhammad Khairil		
Pengawas K3	Ismail Ashadi		
Supervisor K3L	Yofriza Kurniawan		
Deskripsi Pekerjaan			
Lokasi Kerja	Dumai		
Tgl/Jam Mulai	2025-05-23 08:00	Tgl/Jam Selesai	2025-05-23 16:00
Yang mengerjakan	Ade Rahmat Putra, Diki Alindia Pratama, Farid Hamizan, Ismail Ashadi, Muhammad Khairil, Nahar Susanto, Rahmad Darmansyah, Rizki Mallani		

TELAH DISETUJUI SECARA DIGITAL OLEH
OTORITAS PEGAWAI YANG BERWENANG
 It Has Been Digitally Approved By The Competent Employee Authority



PENGAWAS PEKERJAAN Performing Authority	Muhammad Khairil TC PDKB	APPROVED 2025-05-23 08:22:21
PEJABAT K3L Issuing Authority	Yofriza Kurniawan TL K3L DAN KAM	APPROVED 2025-05-23 15:22:42
DIREKSI PEKERJAAN Area Authority	Irsansyah ASMAN RING DAN KONS	APPROVED 2025-05-23 08:59:51
MANAGEMENT REPRESENTATIF Area Authority	Isamir MEL ULP (DUMAI KOTA)	APPROVED 2025-05-24 09:30:49



hsse.pln.co.id

HASIL UJI



Certificate No. 00999/ALAFAS
Date: May 28, 2025

Issuing Office:
Jl. Dr. Wahidin No. 31, Dumai 28814, Indonesia
Phone/Fax: +62 765 38404/33684
Email: cs.dum@sucofindo.co.id

REPORT OF ANALYSIS

The following sample was submitted and identified by the client as :

CLIENT	: PT. PERUSAHAAN LISTRIK NEGARA (PERSERO) UNIT INDUK WILAYAH RIAU DAN KEPULAUAN RIAUP3 DUMAI
SAMPLE NAME	: PE TARING 2 IN 1
CODE	: -
DATE RECEIVED	: May 27, 2025
DATE OF ANALYSIS	: May 27 up to 28, 2025
TEST REQUIRED	: Melting Point

We have tested the submitted sample as requested and the following results were obtained

Parameter	Method	Unit	HDPE Requirement	Result
Melting Point	SNI 594 : 2022 – DSC (Differential Scanning Calorimetry)	°C	125-137	133.42

Hasil uji ini hanya berlaku dengan contoh uji yang diserahkan sesuai saja dan laporan/bertifikat hasil uji tidak dapat direproduksi dengan cara apapun, kecuali dalam konteks penuh dan dengan persetujuan tertulis sebelumnya dari Laboratorium SUCOFINDO.
Penerbitan Bertifikat/Laporan ini tunduk pada Syarat dan Ketentuan Layanan layanan jasa PT. SUCOFINDO (PERSERO), yang selamanya dapat diperoleh atau permintaan atau dapat diakses pada www.sucofindo.co.id

Dept. of Inspection and Testing
Independent Surveyor
PT SUPERINTENDING COMPANY OF INDONESIA
(SUCOFINDO)



Irni Eriani

23010125000399



5229032



SCI-2023A

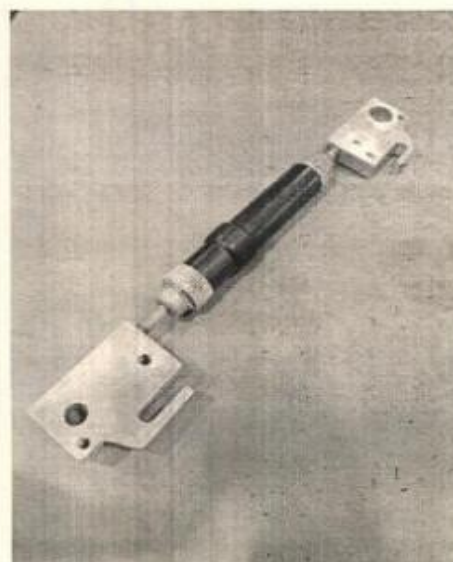
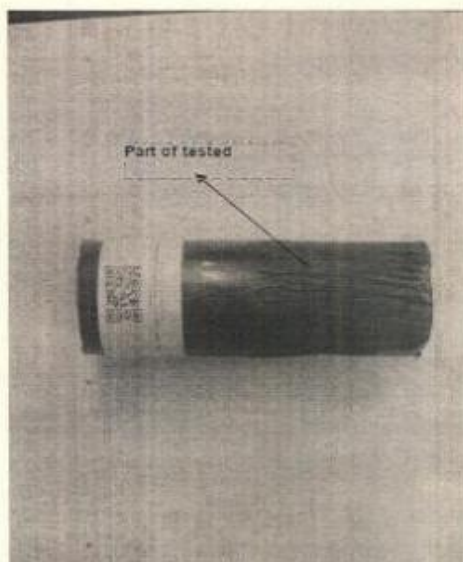
Attachment
To Certificate No. 00999/ALAFAS
Date: May 28, 2025

Issuing Office:
Jl. Dr. Wahidin No. 31, Dumai 28814, Indonesia
Phone/Fax: +62 765 38404/33664
Email: cs.dum@sucofindo.co.id

Page 1 of 1

DATE OF ANALYSIS	SAMPLE NAME	CLIENT
May 27 – 28, 2025	PE TARING 2 IN 1	PT. PERUSAHAAN LISTRIK NEGARA (PERSERO) UNIT INDUK WILAYAH RIAU DAN KEPULAUAN RIAUP3 DUMAI

TEST REQUIRED	METHOD
Melting Point	SNI 594 : 2022



Note : picture taken at the front sample



2719495



SCI-2023P

SURAT PERSETUJUAN PENGGUNAAN KARYA INOVASI SEBAGAI TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan di bawah ini:

1. Nama : Rahmad Darmansyah
Jabatan : Ketua Tim Inovasi
2. Nama : Ade Rahmat Putra
Jabatan : Anggota Tim Inovasi
3. Nama : Irsansyah
Jabatan : Anggota Tim Inovasi

Dengan ini menyatakan bahwa karya inovasi berupa alat:

“TARING (Tabung Spring) untuk Standarisasi dan Pemeliharaan Tabung Fuse Link pada FCO Jaringan Distribusi 20 kV dengan Metode PDKB Sentuh Langsung”

merupakan hasil kerja tim yang terdiri dari:

1. Rahmad Darmansyah
2. Rizki Mailani
3. Ade Rahmat Putra
4. Irsansyah

Kami memberikan persetujuan penuh kepada:

Nama : Rizki Mailani

NIM : 202371597

Program Studi : D-III Teknologi Listrik

Perguruan Tinggi : Institut Teknologi PLN

untuk menggunakan, mengembangkan, serta menyusun karya inovasi tersebut sebagai Tugas Akhir.

Kami menyatakan bahwa:

1. Karya inovasi tersebut benar merupakan hasil kerja bersama.
2. Penyusunan Tugas Akhir oleh Rizki Mailani telah diketahui dan disetujui oleh seluruh anggota tim.
3. Tidak ada keberatan dari pihak manapun terkait penggunaan inovasi tersebut sebagai bahan penelitian akademik.
4. Hak kepemilikan inovasi tetap menjadi milik bersama tim.

Demikian surat persetujuan ini dibuat dengan sebenar-benarnya untuk digunakan sebagaimana mestinya.

Dumai., 18 Februari 2026

Ketua Tim



(Rahmad Darmansyah)

Anggota Tim



(Ade Rahmat Putra)

Anggota Tim



(Irsansyah)

Mengetahui,

Yang menggunakan sebagai Tugas Akhir



(Rizki Mailani)

Formulir 6

	INSTITUT TEKNOLOGI PLN	Kode	FO-PD-A03-2-003-3-012
		Tanggal	10 Februari 2025
	NILAI SIDANG TUGAS AKHIR	Level	2
		Revisi ke-	3

PERBAIKAN NASKAH TUGAS AKHIR

Tanggal ujian sidang : **23 Februari 2026**
Nama mahasiswa : **Rizki Mailani**
NIM : **202371597**
Program Studi : **D-III Teknologi Listrik**
Sekolah : **Sekolah Vokasi**
Judul Tugas Akhir : **Rancang Bangun Alat Taring (Tabung Spring) Untuk Standarisasi Dan Penggantian Tabung Fuse Link Pada Fuse Cut Out (Fco) Jaringan Distribusi 20 Kv Dengan Metode Pdkh Sentuh**
Saran perbaikan naskah tugas akhir adalah sebagai berikut:

1. Perbaiki latar belakang masalah

2. Perbaiki nilai ENS

3. Perbaiki kesimpulan agar sesuai dengan data yang di sajikan

Jangka waktu perbaikan naskah tugas akhir diatas harus diselesaikan paling lambat satu minggu setelah tanggal ujian yakni pada tanggal

27 Februari 2026

Apabila dalam jangka waktu tersebut mahasiswa tersebut diatas tidak dapat menyelesaikan **REVISI tugas akhirnya**, maka mahasiswa harus kembali mengulang sidang.

Mahasiswa



Rizki Mailani

Ketua Penguji



Andi Junaidi, S.T., M.T.

Tugas akhir telah selesai diperbaiki pada tanggal **25 Februari 2026**

Mahasiswa



Rizki Mailani

Ketua Penguji



Andi Junaidi, S.T., M.T.

Formulir 7

	INSTITUT TEKNOLOGI PLN	Kode	FO-PD-A03-2-003-3-012
		Tanggal	10 Februari 2025
	NILAI SIDANG TUGAS AKHIR	Level	2
		Revisi ke-	3

PERBAIKAN NASKAH TUGAS AKHIR

Tanggal ujian sidang : **23 Februari 2026**
Nama mahasiswa : **Rizki Mailani**
NIM : **202371597**
Program Studi : **D-III Teknologi Listrik**
Sekolah : **Sekolah Vokasi**
Judul Tugas Akhir : **Rancang Bangun Alat Taring (Tabung Spring) Untuk Standarisasi Dan Penggantian Tabung Fuse Link Pada Fuse Cut Out (Fco) Jaringan Distribusi 20 Kv Dengan Metode Pdkb**

Saran perbaikan naskah tugas akhir adalah sebagai berikut:

.....
tambahkan surat terkait alat yang dibuat
.....

.....
catatan perbaikan lihat buku laporan
.....
.....
.....

Jangka waktu perbaikan naskah tugas akhir diatas harus diselesaikan paling lambat satu minggu setelah tanggal ujian yakni pada tanggal

27 Februari 2026

Apabila dalam jangka waktu tersebut mahasiswa tersebut diatas tidak dapat menyelesaikan **REVISI tugas akhirnya**, maka mahasiswa harus kembali mengulang sidang.

Mahasiswa



Rizki Mailani

Anggota Penguji



Ir. Samsurizal, S.T., M.T., IPM.

Tugas akhir telah selesai diperbaiki pada tanggal ...25 Februari 2026...

Mahasiswa



Rizki Mailani

Anggota Penguji



Ir. Samsurizal, S.T., M.T., IPM.

PERBAIKAN NASKAH TUGAS AKHIR

ikuti saran penguji

27 Februari 2026

Sigit Sukmajati, S.T., M.T.

Formulir 9

	INSTITUT TEKNOLOGI PLN	Kode	FO-PD-A03-2-003-3-011
		Tanggal	10 Februari 2025
	NILAI SIDANG TUGAS AKHIR	Level	2
		Revisi ke-	3

RINGKASAN PERBAIKAN NASKAH TUGAS AKHIR

Tanggal ujian sidang : **23 Februari 2026**
Nama mahasiswa : **Rizki Mailani**
NIM : **202371597**
Program Studi : **D-III Teknologi Listrik**
Sekolah : **Sekolah Vokasi**
Judul Tugas Akhir : **Rancang Bangun Alat Taring (Tabung Spring) Untuk Standarisasi Dan Penggantian Tabung Fuse Link Pada Fuse Cut Out (Fco) Jaringan Distribusi 20 Kv Dengan Metode Pdkb Sentuh**

Saran perbaikan naskah tugas akhir adalah sebagai berikut:

muhamad faturahman al munzir

ikuti saran masing-masing penguji

Jangka waktu perbaikan naskah tugas akhir diatas harus diselesaikan paling lambat satu minggu setelah tanggal ujian yakni pada tanggal

27 Februari 2026

Apabila dalam jangka waktu tersebut mahasiswa tersebut diatas tidak dapat menyelesaikan **REVISI tugas akhirnya**, maka mahasiswa harus kembali mengulang sidang.

Mahasiswa



Rizki Mailani

Dosen Pembimbing



Sigit Sukmajati, S.T., M.T.

Ketua Penguji



Andi Junaidi, S.T., M.T.

Tugas akhir telah selesai diperbaiki pada tanggal **25 Februari 2026**

Mahasiswa



Rizki Mailani

Dosen Pembimbing



Sigit Sukmajati, S.T., M.T.

Ketua Penguji



Andi Junaidi, S.T., M.T.