

**ANALISIS PENURUNAN NILAI INSULATION RESISTANCE
PADA BUSBAR LINK PROTEKSI TRAFO SST YANG
TERHUBUNG KE PANEL SWITCH GEAR 10KV SERTA
EVALUASI PENYEBAB DAN REKOMENDASI PERBAIKAN
SELAMA KEGIATAN OVERHAUL DI PLTU PAITON
*LAPORAN ON THE JOB TRAINING I***

Tanggal 12 Oktober 2025 – 12 Desember 2025



DISUSUN OLEH :

MUHAMMAD NOVRIZHA RAMADHANI AKBAR

NIT. 30123004

**PROGRAM STUDI D-III TEKNIK LISTRIK BANDARA POLITEKNIK
PENERBANGAN SURABAYA**

2026

LEMBAR PENGESAHAN INDUSTRI
“ANALISIS PENURUNAN NILAI INSULATION RESISTANCE PADA
BUSBAR LINK PROTEKSI TRAFO SST YANG TERHUBUNG KE
PANEL SWITCH GEAR 10KV SERTA EVALUASI PENYEBAB DAN
REKOMENDASI PERBAIKAN SELAMA KEGIATAN OVERHAUL DI
PLTU PAITON”

Oleh:

MUHAMMAD NOVRIZHA RAMADHANI AKBAR
NIT. 30123004

Laporan *On The Job Training* telah diterima dan disahkan sebagai salah satu
syarat penilaian *On The Job Training*

Disetujui Oleh:

Assistant Manager



SELAMET BASORI.
NID: 7294035JA

Pembimbing
On The Job Training



LUKMANUL HAKIM
NID: 9013112ZJY

Mengetahui :

Manajer Pemeliharaan



WAWAN SURYANTO
NID. 8208038JA

LEMBAR PENGESAHAN
ANALISIS PENURUNAN NILAI INSULATION RESISTANCE PADA
BUSBAR LINK PROTEKSI TRAF0 SST YANG TERHUBUNG KE
PANEL SWITCH GEAR 10KV SERTA EVALUASI PENYEBAB DAN
REKOMENDASI PERBAIKAN SELAMA KEGIATAN OVERHAUL DI
PLTU PAITON

Oleh :

MUHAMMAD NOVRIZHA RAMADHANI AKBAR

NIT. 30123004

Laporan *On The Job Training* I Telah diterima dan
disahkan sebagai salah satu syarat penilaian *On The Job*
Traning

Disetujui Oleh:
Dosen Pembimbing OJT



Dr. SLAMET HARIYADI, ST, MM.
NIP. 19630408 198902 1 001

Mengetahui:

KETUA PROGRAM STUDI
TEKNIK LISTRIK BANDARA



Dr. Ir. GUNAWAN SAKTI, ST, MT.
NIP. 19881001 200912 1 003

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur pertama-tama penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, yang telah memberikan petunjuk, sehingga penulis dapat melaksanakan OJT (*On the Job Training*) di PLTU PAITON UNIT 1&2 ini dengan baik. Laporan ini disusun sebagai gambaran sekaligus tanggung jawab atas pelaksanaan *On the Job Training* Teknik Listrik Bandara Angkatan XVII.

Laporan ini merupakan catatan penulis selama melakukan *On The Job Training* yang berisikan tentang gambaran umum, cara kerja, fasilitas serta kegiatan harian yang telah kami laksanakan.

Adapun manfaat yang penulis dapat dari bimbingan dan pengarahan selama pengerjaan laporan OJT (*On The Job Training*) merupakan suatu anugerah yang dapat menjadi pelajaran selama melaksanakan OJT (*On The Job Training*) di PLTU Paiton Unit 1&2.

Dalam kesempatan ini, penulis juga mengucapkan terima kasih kepada;

1. Tuhan Yang Maha Esa, Sang Maha Pencipta yang telah memberikan anugerah dan lindungan.
2. Kedua Orang Tua serta rekan yang selalu memberikan dukungan serta doa yang diberikan demi kelancaran pelaksanaan kegiatan *On the Job Training* maupun kegiatan belajar mengajar dalam menempuh pendidikan di Politeknik Penerbangan Surabaya
3. Bapak Selamat Basori selaku Assistant Manager Pemeliharaan Listrik di PT PLN Nusantara Power UP Paiton Unit 1 & 2
4. Bapak Lukmanul Hakim selaku pembimbing lapangan yang telah banyak memberikan arahan kepada kami
5. Bapak Selamat Basori, Bapak Andi Ardianto, Bapak Hendra, Bapak Andik Santoso, Bapak Andi Susilo, Bapak Hafidz, Bapak Marwoto, Bapak Adi Susanto, Bapak Ach. Dayat, dan Ibu Reyna selaku Staff Pemeliharaan Listrik PT. PLN Nusantara Power PLTU Paiton Unit 1 & 2 yang telah memberikan banyak ilmu, pengalaman, dan nasihat kepada penulis.

6. Bapak Zainul, Bapak Samsul, Bapak Sumaryadi (Cleeper), Bapak Sipul, Bapak Agus, Bapak Bawon, Bapak Ghofur, dan Bapak Anto selaku staff MKP PT. PLN Nusantara Power PLTU Paiton Unit 1&2 yang telah memberikan banyak ilmu, pengalaman, dan nasihat kepada penulis.
7. Seluruh Staff PT. PLN Nusantara Power UP Paiton Unit 1&2 yang telah bersedia memberikan ilmu selama kegiatan PKL (Praktik Kerja Lapangan)

Demikian penyusunan laporan Kerja Praktik Lapangan ini yang dirasa masih kurang dari kata sempurna, namun besar harapan penulis bahwa laporan ini dapat memberi manfaat bagi penulis dan pembaca pada umumnya.

Surabaya, 20 Februari 2026

Muhammad Novrizha RamadhaniAkbar

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN INDUSTRI	2
LEMBAR PENGESAHAN	3
KATA PENGANTAR	4
DAFTAR ISI	6
DAFTAR GAMBAR	8
DAFTAR TABEL	Error! Bookmark not defined.
BAB I PENDAHULUAN	9
1.1 Latar Belakang	9
1.2 Maksud dan tujuan <i>On The Job Training</i>	10
BAB II PROFIL LOKASI	12
2.1 Sejarah Singkat Profil Lokasi	12
2.1.1 Sejarah Singkat	12
2.1.2 Visi Misi Perusahaan	13
2.1.3 Tata Nilai Perusahaan	13
2.1.4 Lokasi Perusahaan	14
2.2 Kondisi Terkini Perusahaan	15
2.3 Kesehatan, Keselamatan Kerja dan Lingkungan Bagi Karyawan	21
BAB III DASAR TEORI	30
3.1 Switch Gear	30
3.1.1 Pengertian Switch Gear	30
3.1.2 Fungsi Switch Gear	31
3.1.3 Komponen Pada Switch Gear	32
3.1.4 Alat Pengukuran	37
3.1.5 Pengukuran dan Pemasangan Switch Gear	38
3.1.6 Peran Switchgear dalam kondisi terjadi gangguan	40
BAB IV PELAKSANAAN ON THE JOB TRAINING	41
4.1 Lingkup Pelaksanaan <i>On the Job Training</i> (OJT)	41
4.2 Jadwal Pelaksanaan	41

4.3Sistem Kelistrikan PLTU Paiton Unit 1 dan 2	42
4.4Identifikasi Masalah.....	45
4.4.1 Identifikasi Awal	45
4.4.2 Pengujian dan pemeriksaan fisik pada line busbar	46
4.4.3 Pengujian Megger test pada line busbar	47
4.4.4 Penghangatan pada body switchgear	48
4.4.5 Pengujian megger pada Post Insulator (Isolator Penyangga)	48
4.4.6 Pembersihan pada Switch gear	49
4.4.7 Pembongkaran Komponen Switchgear.....	49
4.4.8 Reisolasi penyangga busbar (Post Insulator)	50
4.4.9 Isolasi Busbar.....	50
4.5Pengujian hasil.....	51
4.5.1 Pengujian Line pada busbar	51
4.5.2 Pengujian IR pada Post Insulator.....	52
4.6Hasil Pengujian dan kelayakan Unit	53
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	54
5.1Kesimpulan	54
5.1.1 Kesimpulan BAB IV.....	54
5.1.2 Kesimpulan Pelaksanaan OJT	55
5.2Saran	56
5.2.1 Saran terhadap BAB IV	56
5.2.2 Saran terhadap pelaksanaan kegiatan OJT.....	57
DAFTAR PUSTAKA	59

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 5 Safety Helmet.....	25
Gambar 2. 6 Safety Glasses	26
Gambar 2. 7 Wearpack dengan reflektor PLN.....	26
Gambar 2. 8 Safety Gloves	27
Gambar 2. 9 Ear Plug	27
Gambar 2. 10 Safety Shoes	28
Gambar 2. 11 Safety Mask.....	29
Gambar 2. 12 Body Harness	29
Gambar 4. 1 Single Line Diagram Unit 1&2	43
Gambar 4. 2Hasil pengujian megger sebelum pembongkaran post insulator	46
Gambar 4. 3 Pemanasan terkontrol pada busbar	47
Gambar 4. 4 Hasil Pengujian pada line busbar	47
Gambar 4. 5 Pemanasan Body Switchgear	48
Gambar 4. 6 Pengujian Pada post insulation.....	49
Gambar 4. 7Pembongkaran dan Penghangatan Komponen Switchgear	50
Gambar 4. 8 Repairing Post Insulator	50
Gambar 4. 9 Pemasangan Busbar dan Sistem Isolasi	51
Gambar 4. 10 Pengujian pada Busbar	52
Gambar 4. 11 Hasil Pengukuran	52
Gambar 4. 12 Pengujian IR Pada Post Insulator	53

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara kepulauan yang luas, khususnya Pulau Jawa sebagai pusat industri dan aktivitas ekonomi nasional. Aktivitas masyarakat, pemerintahan, pendidikan, serta sektor industri membutuhkan pasokan energi listrik yang stabil dan andal. Kebutuhan konsumsi daya yang terus meningkat menuntut perkembangan teknologi pembangkitan energi yang modern, efisien, dan berkelanjutan. Salah satu komponen vital dalam pemenuhan kebutuhan listrik di Pulau Jawa adalah keberadaan Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU), termasuk PLTU Paiton yang merupakan salah satu pembangkit terbesar di Indonesia dan berperan penting dalam menopang sistem kelistrikan Jawa–Bali.

Demi menunjang kemajuan sektor transportasi udara maupun non-udara, Badan Pengembangan Sumber Daya Manusia Perhubungan (BPSDM) berupaya mencetak sumber daya manusia yang terlatih dan kompeten melalui berbagai lembaga pendidikan dan pelatihan. Salah satu lembaga tersebut adalah Politeknik Penerbangan Surabaya (Poltekbang Surabaya), yang menyelenggarakan pendidikan berbasis vokasi dan akademik dalam bidang teknik dan keselamatan penerbangan, serta membekali peserta didik dengan kemampuan teknis yang dapat diterapkan dalam berbagai lingkungan kerja berbasis rekayasa dan keteknikan.

Sebagai bentuk implementasi pendidikan vokasi, Politeknik Penerbangan Surabaya memiliki program On The Job Training (OJT), yaitu praktik lapangan secara langsung di industri. Program ini ditujukan agar taruna tidak hanya memahami teori, tetapi mampu menguasai pengoperasian peralatan teknologi dan penerapan prosedur kerja nyata di lapangan. Pada pelaksanaan OJT kali ini, penulis berkesempatan untuk mengikuti praktik kerja di PLTU Paiton Unit 1 & 2, khususnya pada bagian kelistrikan (Electrical Maintenance) selama periode overhaul.

Selama pelaksanaan On The Job Training, penulis mendapatkan pengalaman secara langsung dalam proses pemeliharaan dan pemeriksaan peralatan kelistrikan tegangan menengah, termasuk switchgear 10 kV, Station Service Transformer

(SST), dan sistem distribusi daya internal pembangkit. Di lapangan, ditemukan permasalahan teknis berupa penurunan nilai insulation resistance (IR) pada busbar trafo SST yang terhubung ke switchgear 10 kV saat dilakukan pengujian megger. Penurunan nilai IR merupakan indikator kritis yang dapat mengarah pada kerusakan isolasi, gangguan sistem proteksi, hingga risiko shutdown apabila tidak dianalisis dan ditangani secara tepat.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penulis menyusun laporan ini sebagai bentuk pertanggungjawaban pelaksanaan OJT sekaligus sebagai dokumentasi pembelajaran teknis dari kasus lapangan. Adapun judul tugas OJT yang diambil adalah:

“Analisis Penurunan Nilai Insulation Resistance pada Busbar Trafo SST yang Terhubung ke Panel Switchgear 10 kV serta Evaluasi Penyebab dan Rekomendasi Perbaikannya Selama Kegiatan Overhaul di PLTU Paiton.”

1.2 Maksud dan tujuan *On The Job Training*

Maksud Adapun maksud dan tujuan pelaksanaan kegiatan *On The Job Training* selama di PLTU Paiton Unit 1&2 untuk program studi Teknik Listrik Bandara Politeknik Penerbangan Surabaya adalah sebagai berikut :

- a. Agar setiap Taruna dapat memperoleh pengalaman, keterampilan, pengetahuan, dan gambaran secara langsung tentang tugas dan pekerjaan yang berkaitan dengan Teknik Listrik Bandara dalam dunia kerja yang sebenarnya di masa mendatang.
- b. Agar setiap Taruna dapat menerapkan ilmu dan pengetahuan yang didapatkan selama masa pendidikan di kampus Politeknik Penerbangan surabaya terhadap kondisi dilapangan kerja yang sesungguhnya baik secara teori maupun praktik.

- c. Melatih kerja sama taruna dengan anggota organisasi perusahaan, karyawan lokal dan teknisi yang berada di dalam unit maupun berbeda unit agar terciptanya suasana kebersamaan, pribadi yang disiplin dan tanggung jawab yang tinggi.
- d. Mengembangkan soft skills seperti, problem solving, komunikasi, leadership, decision making, dan etika kerja.
- e. Mempelajari prinsip kerja, karakteristik, bahan, dan fungsi pada peralatan yang terdapat di PT. PLN Nusantara Power UP Paiton Unit 9 untuk keperluan pemeliharaan maupun proteksi pada peralatan.
- f. Melakukan penerapan ilmu yang di dapat di perkuliahan dan membandingkan dengan praktik di lapangan.
- g. Mempelajari alur/mekanisme transmisi tenaga listrik dan distribusi di PT. PLN Nusantara Power UP Paiton Unit 9

BAB II

PROFIL LOKASI

2.1 Sejarah Singkat Profil Lokasi

2.1.1 Sejarah Singkat

Unit Pembangkitan Paiton didirikan berdasarkan Surat Keputusan Direksi PLN No. 030K/023/DIR/19931, tertanggal 15 Maret 1992, yang merupakan bagian dari unit yang dikelola oleh PT. PLN (Persero) di sektor pembangkitan dan penyaluran di Jawa Timur serta Bali (PT. PLN KJT dan BALI) untuk Sektor Paiton. Dalam restrukturisasi yang terjadi di PT. PLN (Persero) pada tahun 1995, dua anak usaha dibentuk pada tanggal 3 Oktober 1995, yaitu PT. PLN Pembangkitan Tenaga Listrik Jawa Bali I dan PT. PLN Pembangkitan Tenaga Listrik Jawa-Bali II. Lalu, di tahun 1997, nama Sektor Paiton diubah menjadi PT. PLN Pembangkitan Tenaga Listrik Jawa-Bali II Unit Pembangkitan Paiton (PT. PLN PJB II UP Paiton).

Berdasarkan surat keputusan Direksi No. 039K/023/Dir/1998, yang berkaitan dengan pemisahan fungsi pemeliharaan dan operasi di PT. PLN Pembangkitan Tenaga Listrik Jawa-Bali II Unit Pembangkitan Paiton, unit pembangkitan kini telah menjadi organisasi yang efisien dan bersih, berfokus pada pengoperasian pembangkit untuk menghasilkan GWh, sementara fungsi pemeliharaan ditangani oleh PT. PLN PJB II Unit Bisnis Pemeliharaan.

Sejak 3 Juni 1999, organisasi Unit Pembangkitan Paiton telah mengalami transformasi sesuai dengan perkembangan organisasi di PLN PJB II yang lebih fleksibel dan dinamis, memungkinkan untuk mengatasi dan menyesuaikan diri dengan perubahan situasi bisnis yang konstan. Perubahan utama pada Unit Pembangkitan ialah pemisahan antara fungsi operasi dan pemeliharaan, menjadikannya organisasi yang lebih ramping dan bersih, yang hanya berfokus pada pengoperasian pembangkit untuk memproduksi GWh. Mulai 3 Oktober 2000, nama PT. PLN Pembangkitan Listrik Jawa-Bali II diubah menjadi PT.

Pembangkitan Tenaga Listrik Jawa Bali, yang kemudian disingkat menjadi PT. Pembangkitan Jawa Bali (PT. PJB).

2.1.2 Visi Misi Perusahaan

Visi dan Misi perusahaan merupakan salah satu hal yang membentuk inti perusahaan. Visi dan misi merupakan landasan bagi sebuah perusahaan untuk mencapai tujuan. Visi dari PT PJB UP Paiton, yaitu “Menjadi perusahaan terpercaya dalam bisnis pembangkitan terintegrasi dengan standar kelas dunia”. Visi dari PT PJB 6 UP Paiton “ Menjadi perusahaan terdepan dan terpercaya dalam bisnis energi berkelanjutan di Asia Tenggara”. Adapun misi dari PT PJB UP Paiton yaitu:

1. Menjalankan bisnis energi yang inovatif dan kolaboratif, tumbuh dan berkelanjutan, serta berwawasan lingkungan.
2. Menjaga tingkat kinerja tertinggi untuk memberikan nilai tambah bagi stakeholder.
3. Menarik minat dan mengembangkan talenta terbaik serta menjalankan organisasi yang agile dan adaptif.

2.1.3 Tata Nilai Perusahaan



Nilai-nilai utama ini dituangkan dan ditekankan dalam Surat Edaran Menteri BUMN Nomor SE-7/MBU/07/2020 Tentang Nilai-nilai Utama (Core Values) Sumber Daya Manusia Badan Usaha Milik Negara. Harapannya, semua SDM dalam lingkungan kerja BUMN dapat mengetahui, menginternalisasikan, serta mengimplementasikan AKHLAK dalam kesehariannya. Dengan arti sebagai berikut:

1. Amanah: memegang teguh kepercayaan yang diberikan.
2. Kompeten: terus belajar dan mengembangkan kapabilitas.

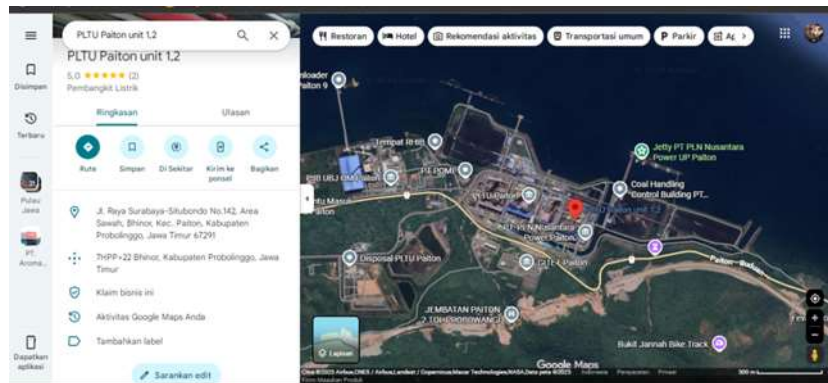
3. Harmonis: saling peduli dan menghargai perbedaan.
4. Loyal: berdedikasi dan mengutamakan kepentingan bangsa dan negara.
5. Adaptif: terus berinovasi dan antusias dalam menggerakkan ataupun menghadapi perubahan.
6. Kolaboratif: membangun kinerja yang sinergis.

Ke-enam hal tersebut biasa dijadikan akronim pada instansi BUMN yaitu “AKHLAK” salah satunya pada di PT. PLN Nusantara Power.

2.1.4 Lokasi Perusahaan

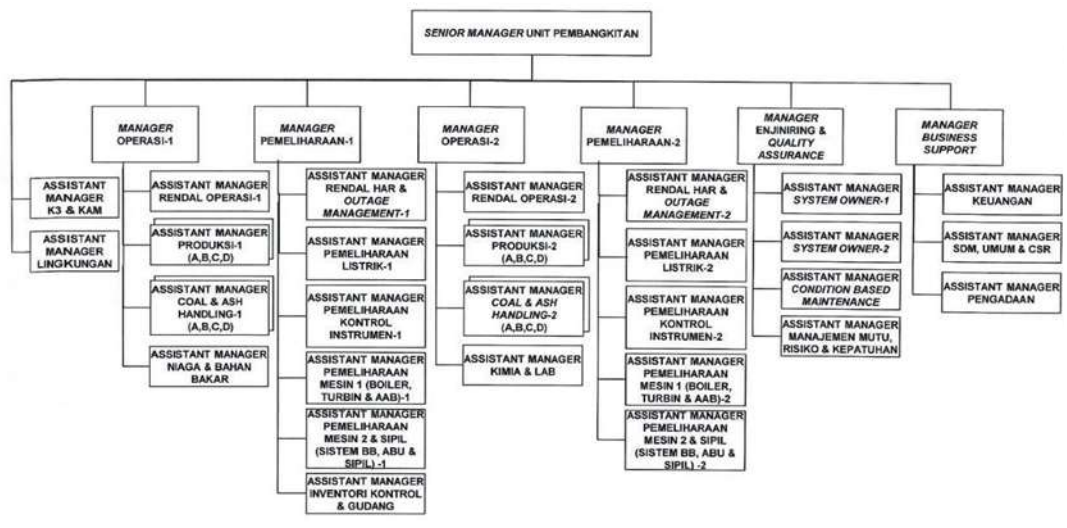
Menjadi PT. PLN NP UP. Paiton berlokasi di Jalan Raya Surabaya-Situbondo KM 142, Paiton-Probolinggo, Jawa Timur. Lokasi tersebut terletak kurang lebih 52 km dari Probolinggo atau kurang lebih 142 km dari Surabaya ke arah timur dengan titik koordinat 7°43'30"S 113°32'32"E Total area proyek Paiton adalah kurang lebih 476 ha, termasuk kurang lebih 200 ha ash dishposal area (lokasi pembuangan abu) dan kurang lebih 32 ha untuk komplek perumahan karyawan. Sedangkan kondisi meteorologi di Paiton adalah sebagai berikut:

1. Suhu rata-rata : 30,87°C
2. Curah hujan : 1219 mm
3. Kelembapan udara rata-rata : 71,33%
4. Kecepatan angin rata-rata/bulan : 0—33,7 m/s atau 0—12 km/jam
5. Bulan-bulan basah : November-April
6. Bulan-bulan kering : Mei-Oktober
7. Bulan terbasah : Januari (curah hujan rata- rata 453 mm)
8. Arah angin dominan : Selatan, Barat.



2.2 Kondisi Terkini Perusahaan

2.2.1 Struktur Organisasi Perusahaan PLTU Paiton NP UP Unit 1&2



Pada Gambar struktur organisasi tersebut menjelaskan tentang sistem hirarki yang ada di perusahaan PLTU Paiton Unit 1&2 dengan urutan teratas hingga jajarannya. Pada setiap bagian struktur yang telah tercantum tersebut memiliki tugas masing masing yang terdiri dari beberapa tim.

1. Pimpinan Tertinggi (Senior Manager) Unit Pembangkitan Paiton

Sebagai pemimpin utama, Senior Manager bertanggung jawab atas peningkatan kinerja operasional serta pengelolaan kompetensi sumber daya manusia di Unit Pembangkitan Paiton. Tujuan utamanya adalah

memastikan produksi tenaga listrik yang efisien, berkualitas, dan andal, dengan tetap memperhitungkan aspek komersial. Selain itu, senior manajer juga memastikan harga jual listrik tetap kompetitif sesuai kontrak kinerja yang telah ditetapkan oleh direksi PT. PLN Nusantara Power.

2. Manajer Operasi

bertugas mengelola, merencanakan, serta menganalisis seluruh kegiatan operasional pembangkit listrik. Selain itu, ia juga mendorong inovasi dan mengevaluasi sistem yang diterapkan agar produksi listrik tetap optimal dan efisien. Fungsi lainnya mencakup pemantauan pencapaian target kinerja unit, pelayanan kepada pelanggan internal dan eksternal, serta penerapan berbagai sistem manajemen yang telah ditetapkan perusahaan, seperti Sistem Informasi Terpadu (SIT), Tata Kelola Perusahaan yang Baik (Good Corporate Governance/GCG), Sistem Manajemen Terpadu (IMS), serta Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja (SMK3).

a. Asisten Manajer Perencanaan dan Pengendalian Operasi

Bertanggung jawab dalam memberikan dukungan kepada Manajer Operasi terkait perencanaan, pelaksanaan, serta pengendalian kegiatan operasional. Selain itu, memastikan langkah-langkah teknis yang tepat dalam menangani permasalahan yang timbul selama implementasi program kerja.

b. Asisten Manajer Produksi (A, B, C, D)

Membantu Manajer Operasi dalam menyusun rencana serta anggaran pengendalian operasional, kemudian menguraikannya ke dalam fungsi produksi. Selain itu, bertugas untuk menjalankan serta mengawasi proses produksi guna memastikan pencapaian produksi tenaga listrik yang efisien dan efektif sesuai dengan rencana operasional yang telah ditetapkan.

c. Asisten Manajer Coal & Ash Handling

Mendukung Manajer Operasi dalam merancang, mengoperasikan,

serta mengawasi kegiatan operasional terkait batu bara, mulai dari tahap pengolahan hingga proses pembakaran. Selain itu, bertanggung jawab atas pengelolaan limbah pembakaran berupa abu (ash) hingga proses pembuangan yang sesuai dengan regulasi.

d. Asisten Manajer Bahan Bakar

Berperan dalam membantu Manajer Operasi dalam perencanaan dan penyusunan anggaran terkait penyediaan serta distribusi bahan bakar yang diperlukan dalam produksi listrik di Unit Pembangkit Paiton.

e. Asisten Manajer K3 dan Keamanan

Bertugas membantu Manajer Operasi dalam merancang serta mengalokasikan anggaran untuk bidang Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3). Selain itu, menjalankan fungsi K3 yang mencakup keselamatan serta kesehatan seluruh pekerja, serta memastikan pengelolaan aset operasional di Unit Pembangkit Paiton sesuai dengan standar internasional yang berlaku.

3. Manajer Pemeliharaan

Bertanggung jawab dalam merancang, melaksanakan, dan memantau kegiatan pemeliharaan serta pengendalian agar unit selalu dalam kondisi siap beroperasi setiap saat. Hal ini dilakukan untuk memastikan pencapaian target Unit Pembangkit Paiton sesuai dengan kontrak kinerja yang telah ditetapkan.

a. Asisten Manajer Perencanaan Pengendalian (Rendal) Pemeliharaan dan Outage Manajemen

Bertugas mendukung Manajer Pemeliharaan dalam mengoordinasikan pelaksanaan perencanaan, pengendalian, serta pemeliharaan yang mencakup tindakan prediktif, preventif, korektif, dan darurat di Unit Pembangkitan Paiton. Tugas ini dilakukan untuk memastikan unit dapat beroperasi secara optimal dalam mencapai target yang telah ditetapkan berdasarkan kontrak kinerja dari direksi.

- b. Asisten Manajer Harian Mesin 1 (Boiler, Turbin, dan Peralatan Pendukung)

Mendukung Manajer Pemeliharaan dalam menjalankan dan menjaga kondisi peralatan mekanis secara harian, terutama yang berkaitan dengan pengoperasian boiler, turbin, serta peralatan pendukung lainnya di Unit Pembangkitan Paiton. Tanggung jawab ini bertujuan untuk memastikan unit tetap beroperasi secara optimal.

- c. Asisten Manajer Harian Mesin 2 (Sistem Bahan Bakar dan Abu) Bertanggung jawab

membantu Manajer Pemeliharaan dalam pelaksanaan serta pemeliharaan mekanis harian pada peralatan yang berkaitan dengan sistem bahan bakar dan abu di Unit Pembangkitan Paiton. Hal ini bertujuan untuk mendukung keberlangsungan operasi unit secara maksimal.

- d. Asisten Manajer Pemeliharaan Listrik

Mendukung Manajer Pemeliharaan dalam mengelola evaluasi, analisis, serta pemeliharaan harian pada sistem kelistrikan Unit Pembangkitan Paiton. Upaya ini dilakukan untuk memastikan unit tetap beroperasi dengan efisien dan optimal.

- e. Supervisor Harian Control Instrument

Bertugas membantu Manajer Pemeliharaan dalam menjalankan serta menjaga sistem kontrol dan instrumen di Unit Pembangkitan Paiton melalui kegiatan pemeliharaan harian. Tanggung jawab ini bertujuan untuk menjamin unit tetap beroperasi dengan baik dan optimal.

4. Manajer Enjiniring & Quality Assurance

Bertanggung jawab atas kelancaran aktivitas enjiniring dan pemeliharaan kualitas guna mendukung kinerja operasional serta pemeliharaan. Memberikan rekomendasi dan mengevaluasi pelaksanaan eksekusi tugas sebagai bahan analisis, serta mengarahkan dan mengoordinasikan proses

audit dan penyusunan laporan audit yang komprehensif sesuai dengan standar yang berlaku.

a. Asisten Manajer System Owner

Mendukung manajer enjiniring dan pemeliharaan kualitas dalam pengalokasian dana untuk implementasi proyek sistem informasi yang menunjang produksi listrik di PLN NP UP Paiton. Merancang, mengelola, dan menjalankan pekerjaan terkait Teknologi Informasi (IT), termasuk aplikasi dan perangkat lunak dalam operasional harian PT. PLN NP UP Paiton, serta memberikan konsultasi dan solusi teknologi guna mencapai tujuan serta strategi bisnis perusahaan.

b. Asisten Manajer Manajemen Mutu, Risiko, dan Kepatuhan

Mendukung manajer enjiniring dan pemeliharaan kualitas dalam merancang, mengimplementasikan, serta mengontrol kegiatan audit internal. Tugasnya mencakup penentuan dan penilaian efektivitas serta efisiensi pengendalian operasional unit pembangkitan Paiton atau unit bisnis lainnya. Selain itu, memastikan pelaksanaan tanggung jawab yang diberikan memiliki reliabilitas serta integritas informasi di bidang audit operasional, keuangan, dan administrasi sesuai dengan kebijakan yang berlaku.

c. Asisten Manajer Kimia dan Laboratorium

Mendukung manajer enjiniring dan pemeliharaan kualitas dalam menyusun rencana serta anggaran di bidang kimia, yang kemudian dijabarkan ke dalam fungsi teknik kimia dan laboratorium. Bertanggung jawab dalam pelaksanaan serta pengendalian agar tujuan unit pembangkit Paiton dapat tercapai sesuai standar atau ketentuan yang berlaku

d. Asisten Manajer Condition Based Maintenance

Membantu manajer enjiniring dan pemeliharaan kualitas dalam merancang strategi pemeliharaan peralatan yang digunakan dalam

proses produksi. Mengatur pelaksanaan pemeliharaan yang tepat waktu dan akurat secara real-time guna memastikan keandalan serta efisiensi operasional peralatan.

e. Asisten Manajer Lingkungan

Mendukung manajer enjiniring dan pemeliharaan kualitas dalam merancang serta mengalokasikan anggaran terkait aspek lingkungan. Tugasnya mencakup penerapan rencana tersebut dalam pengelolaan tata letak, pemeliharaan, serta pelestarian lingkungan di sekitar Unit Pembangkit Paiton, dengan memastikan kepatuhan terhadap standar nasional maupun internasional.

5. Manajer Business Support

Bertanggung jawab dalam merumuskan rencana tahunan Unit Pembangkit Paiton, termasuk menyusun anggaran tahunan yang mencakup berbagai bidang di dalam unit tersebut. Selain itu, merancang strategi pengendalian keuangan serta memastikan pelaksanaannya berjalan optimal guna mendukung pencapaian target unit pembangkitan Paiton secara efektif dan efisien sesuai dengan kontrak kerja yang ditetapkan oleh direksi.

a. Asisten Manajer SDM dan Keuangan

Mendukung manajer business support dalam perencanaan, pelaksanaan, serta pengendalian kegiatan di bidang sumber daya manusia (SDM). Tanggung jawabnya mencakup pengelolaan sistem dan struktur organisasi SDM, pengembangan pendidikan dan pelatihan, penyediaan fasilitas kerja, pembinaan mutu terpadu, serta manajemen hubungan karyawan di Unit Pembangkit Paiton. Semua ini dilakukan guna memastikan pencapaian target unit sesuai dengan kontrak kinerja yang telah ditetapkan oleh direksi.

b. Asisten Manajer Inventori Kontrol dan Gudang

Membantu manajer business support dalam merancang rencana

serta anggaran terkait pengendalian dan pemeliharaan inventori. Tugasnya mencakup penerapan strategi inventori kontrol dan katalogisasi, serta memastikan pelaksanaan dan pengawasan yang efektif agar tingkat inventori tetap optimal.

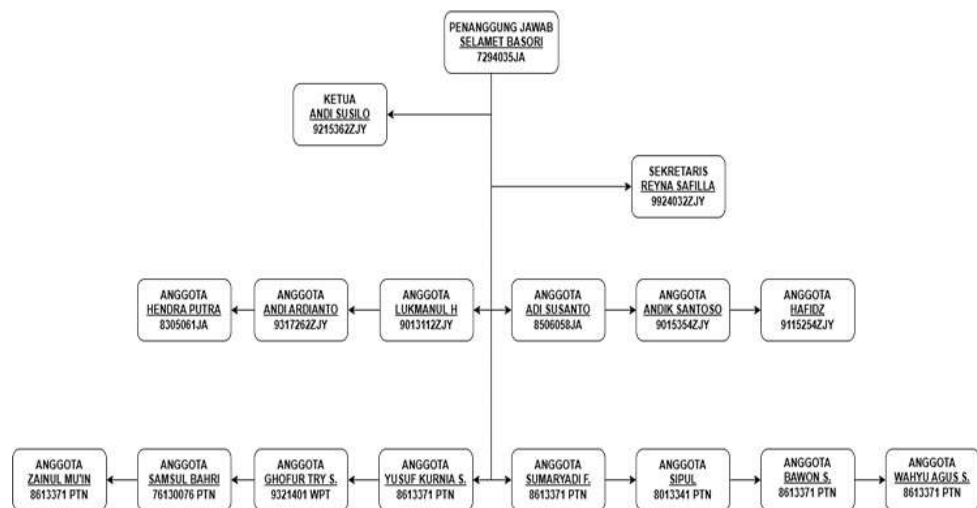
c. Asisten Manajer Pengadaan

Mendukung manajer business support dalam merancang serta mengalokasikan anggaran di bidang pengadaan. Selain itu, bertanggung jawab atas pelaksanaan dan pengendalian proses pengadaan agar berjalan secara sistematis, efektif, dan efisien. Proses ini dijalankan sebagai bagian dari upaya mendukung kelancaran produksi.

d. Asisten Manajer Sipil, Umum, dan CSR

Membantu manajer business support dalam merancang, mengimplementasikan, dan mengawasi berbagai kegiatan di bidang umum.

2.2.2 Struktur Organisasi HAR Listrik



2.3 Kesehatan, Keselamatan Kerja dan Lingkungan Bagi Karyawan

Dalam rangka menerapkan Undang-Undang serta peraturan keselamatan kerja di Pusat Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU), perlu ditegaskan tanggung jawab setiap pegawai terhadap keselamatan kerja. Lingkup tanggung jawab ini dapat mencakup sebagian atau seluruh aspek, bergantung pada

batasan wewenang yang dimiliki. Ruang lingkup tanggung jawab pegawai dalam sistem keselamatan kerja mencakup pemberian izin untuk bekerja atau melakukan pengujian pada unit dan peralatan, serta prosedur pemulihannya, yang dapat dirangkum sebagai berikut:

1. Pengendalian (kontrol)

Bertanggung jawab dalam menginstruksikan tindakan pencegahan, menerbitkan dokumen keselamatan kerja, serta memberikan instruksi untuk mengembalikan unit dan peralatan agar dapat beroperasi kembali.

2. Mengamankan unit dan peralatan, mencakup:

a. Sebelum mulai bekerja

Melakukan langkah-langkah pengamanan terhadap unit dan peralatan sebelum pekerjaan dimulai serta menerbitkan dokumen keselamatan kerja. Selain itu, memastikan unit dan peralatan dikembalikan ke kondisi operasional setelah pekerjaan selesai.

b. Saat bekerja

Menerima dokumen keselamatan kerja, melaksanakan tugas sesuai instruksi, serta menyelesaikan atau menunda pekerjaan. Setelah area kerja dinyatakan aman, pekerjaan diselesaikan, dan dokumen keselamatan kerja ditutup.

Berdasarkan Undang-Undang Keselamatan Kerja No. 1 Tahun 1970, tujuan utama keselamatan kerja meliputi:

- A. Mencegah, mengurangi, dan memadamkan kebakaran.
- B. Mencegah serta mengurangi kecelakaan kerja.
- C. Mencegah serta mengurangi potensi ledakan. ‘
- D. Menyediakan jalur evakuasi yang aman dalam kondisi darurat, seperti kebakaran atau insiden berbahaya lainnya.
- E. Memberikan pertolongan bagi korban kecelakaan kerja.
- F. Menyediakan alat pelindung untuk mencegah kecelakaan.
- G. Menyediakan peralatan perlindungan bagi pekerja.
- H. Mencegah serta mengendalikan penyebaran faktor lingkungan yang berbahaya, seperti suhu ekstrem, kelembaban, debu, asap, gas,

radiasi, suara, dan getaran.

- I. Mengendalikan serta mencegah penyakit akibat kerja, baik yang bersifat fisik, mental, keracunan, infeksi, maupun penularan.
- J. Menyediakan pencahayaan yang memadai.
- K. Mengatur suhu dan kelembaban udara yang sesuai.
- L. Menjaga kebersihan, kesehatan, dan ketertiban lingkungan kerja.
- M. Menciptakan keseimbangan antara tenaga kerja, alat kerja, lingkungan, metode, dan proses kerja.
- N. Memastikan keamanan serta kelancaran transportasi bagi manusia, hewan, tanaman, atau barang.
- O. Mencegah risiko sengatan listrik yang berbahaya.
- P. Menyempurnakan sistem pengamanan terhadap pekerjaan dengan tingkat risiko kecelakaan yang tinggi.

PT PLN Nusantara Power UP Paiton Unit 1 &2 menerapkan kebijakan K3 (Kesehatan, Keselamatan Kerja, dan Lingkungan) berdasarkan tujuan serta sasaran yang ditetapkan oleh manajemen setelah melalui proses Hazard Identification, Risk Assessment, and Determining Control (HIRADC). Rambu-rambu K3 dipasang di seluruh area PLTU Paiton Unit 9, terutama di area yang memiliki potensi risiko tinggi terhadap keselamatan kerja. Selain itu, pengawasan K3 dilakukan melalui sistem inspeksi dan audit secara berkala..

Untuk menerapkan Undang-Undang serta peraturan terkait keselamatan kerja di Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU), penting untuk menegaskan tanggung jawab setiap pegawai dalam aspek keselamatan kerja. Lingkup tanggung jawab tersebut dapat mencakup sebagian atau keseluruhan, tergantung pada batasan wewenang yang dimiliki. Dalam sistem keselamatan kerja, tanggung jawab pegawai meliputi izin untuk melakukan pekerjaan atau pengujian pada unit dan peralatan, serta prosedur pemulihannya, yang dapat dirangkum sebagai berikut:

1. Bekerja

Sebelum memulai pekerjaan, PT PLN Nusantara Power UP Paiton Unit 1 dan 2 menerapkan peraturan keselamatan kerja yang harus dipatuhi. Berikut adalah langkah-langkah yang perlu dilakukan

2. Mengisi Permit to Work (PTW)

Permit to Work adalah prosedur kerja aman yang memastikan keamanan dan keselamatan kerja diterapkan dengan tepat. Tujuan utamanya adalah menjamin bahwa pekerjaan dapat dilakukan secara aman serta mencegah terjadinya cedera pada pekerja maupun kerusakan pada peralatan yang digunakan.

3. Mengisi Work Order

Work Order merupakan dokumen tertulis yang berisi perintah kerja dalam ruang lingkup internal maupun eksternal perusahaan kepada pelaksana yang bertanggung jawab. Dokumen ini juga berfungsi sebagai alat komunikasi antara bagian pemeliharaan perusahaan dan vendor yang menerima tugas sebelum pekerjaan dilaksanakan secara efektif.

4. Membaca Instruksi Kerja

Instruksi Kerja (IK) adalah sekumpulan langkah-langkah yang harus dilakukan seseorang agar dapat menyelesaikan pekerjaan secara aman dan lengkap. IK dibuat untuk melengkapi *Standard Operating Procedures* (SOP) dengan menjelaskan langkah-langkah kerja secara rinci dalam suatu kegiatan SOP. Instruksi ini hanya berlaku untuk satu unit kerja tertentu dan bertujuan sebagai panduan bagi individu dalam melaksanakan tugas sesuai dengan prosedur yang sudah ditentukan. Instruksi ini juga berfungsi sebagai panduan urutan kerja bagi seseorang dalam suatu unit kerja untuk menyelesaikan satu jenis pekerjaan.

5. Menggunakan Alat Pelindung Diri (APD)

Alat pelindung diri yang dapat disebut APD merupakan suatu alat yang memiliki kemampuan untuk melindungi seseorang dalam pekerjaan yang fungsinya mengisolasi tubuh tenaga kerja, bahaya di tempat kerja dan memperkecil akibat yang timbul dari bahaya tersebut. APD merupakan pengendalian terakhir jika pengendalian lain tidak mungkin dilakukan atau masih kurang efektif. APD yang wajib digunakan oleh karyawan PT. PLN Nusantara Power UP Paiton Unit 1&2 Jawa Timur ketika memasuki local area terdiri dari : safety helmet, safety clothes, dan safety shoes. Ketiga jenis APD ini wajib digunakan oleh siapa saja baik itu karyawan, kontraktor, dan tamu yang akan memasuki area main plant. Berikut jenis-jenis APD yang wajib digunakan:

1. Safety Helmet

Berfungsi untuk melindungi kepala terhadap kejatuhan benda, bahaya listrik (*Overhead Electric Shock*), mekanik, kimia, panas, dan lain-lain.



Gambar 2. 1 Safety Helmet

2. Safety Glasses

Berfungsi untuk melindungi mata dari lontaran bunga api, lontatan benda benda kerja, percikan bahan kimia, dan sinar yang bersifat keras.



Gambar 2. 2 Safety Glasses

3. Wearpack dengan reflektor

Berfungsi untuk melindungi tubuh terhadap bahaya listrik, mekanik, kimia panas, dan lain-lain.



4. Safety gloves

Berfungsi untuk melindungi tangan dan lengan terhadap bahaya listrik, mekanik, kimia, panas, dan lain – lain.



Gambar 2. 4 Safety Gloves

5. Ear plug

Berfungsi untuk melindungi pendengaran petugas dari suara keras yang melampaui batas kekuatan pendengaran biasanya digunakan pada tingkat kebisingan diatas 85dB.



Gambar 2. 5 Ear Plug

6. Safety shoes

Berfungsi untuk melindungi kaki terhadap bahaya listrik, mekanis, panas, dan lain-lain.



Gambar 2. 6 Safety Shoes

7. Safety Mask

Berfungsi untuk melindungi alat pernafasan petugas (kerongkongan, paru-paru dan lain-lain) terhadap bahaya yang ditimbulkan oleh debu, serbuk-serbuk cat, gas beracun lain.



Gambar 2. 7 Safety Mask

8. Body Harness

Berfungsi untuk melindungi petugas dari bahaya jatuh pada waktu bekerja di tempat yang tinggi biasanya wajib dipakai dalam pekerjaan diatas 3 meter (Overhead Working).



Gambar 2. 8 Body Harness

BAB III

DASAR TEORI

3.1 Switch Gear

3.1.1 Pengertian Switch Gear

Switchgear merupakan seperangkat peralatan kelistrikan yang berfungsi untuk mengendalikan, melindungi, dan mengisolasi sistem tenaga listrik pada proses pembangkitan. Dalam instalasi PLTU, switchgear menjadi perantara penting antara generator, transformator, dan sistem distribusi atau transmisi. Pada PLTU Paiton Unit 1 & 2, switchgear digunakan untuk menyalurkan daya dari generator menuju transformator step-up dan jaringan tegangan menengah melalui panel distribusi. Peralatan ini memastikan aliran daya dapat dikontrol secara aman, terutama pada kondisi operasi normal maupun gangguan (Bimantara et al., 2010).

Peran utama switchgear di PLTU Paiton adalah memberikan proteksi terhadap gangguan listrik seperti hubung singkat, arus lebih, dan gangguan isolasi. Ketika gangguan terjadi, switchgear melalui pemutus tenaga (circuit breaker) akan memutuskan bagian yang terdampak secara otomatis sehingga peralatan sensitif seperti generator dan transformator tetap terlindungi, serta kontinuitas pembangkitan tetap terjaga. Selain itu, switchgear menyediakan fungsi isolasi untuk pemeliharaan, sehingga operator dapat mengamankan area kerja tanpa menghentikan seluruh sistem pembangkitan (Wiharja & Prasetyo, 2024).

Switchgear yang digunakan di pembangkit khususnya PLTU, biasanya terdiri dari beberapa komponen seperti pemutus tenaga, sakelar pemisah (isolator), relay proteksi, fuse, busbar, sistem kontrol dan interlocking. Di PLTU Paiton Unit 1 dan 2, sistem switchgear umumnya berada pada level tegangan menengah 6,3 kV serta tegangan tinggi pada sistem switchyard. Pemilihan jenis switchgear yang tepat meningkatkan keandalan operasional serta keamanan sistem kelistrikan pembangkit secara keseluruhan (Duanaputri et al., 2021).

Secara teknis, keberadaan switchgear berkontribusi pada peningkatan kontinuitas suplai listrik dan mencegah meluasnya gangguan yang dapat menyebabkan black-out. Sistem proteksi berbasis switchgear menjadi bagian integral dari operasi pembangkitan modern, sehingga menjadi salah satu aspek penting pada sistem kelistrikan PLTU Paiton, baik unit 1 maupun unit 2.



Gambar 3. 1 Switch Gear

3.1.2 Fungsi Switch Gear

Switchgear pada PLTU Paiton Unit 1 & 2 berfungsi sebagai perangkat kendali dan proteksi sistem tenaga listrik untuk menghubungkan serta memutus aliran listrik dari generator ke transformator dan jaringan transmisi. Sistem ini terdiri dari pemutus tenaga (*circuit breaker*), isolator, dan relay proteksi yang bekerja terkoordinasi untuk menjaga kontinuitas operasi pembangkit. Peran switchgear sangat vital dalam memastikan proses penyaluran daya berlangsung aman dan stabil, terutama ketika terjadi perubahan kondisi operasi atau permintaan beban. Keberadaan Gas Insulated Switchgear (GIS) sebagai salah satu bentuk switchgear di PLTU Paiton menjadi komponen yang sangat penting dalam sistem pembangkitan karena berfungsi sebagai penghubung sekaligus pengaman utama pada sistem tegangan tinggi (Duanaputri et al., 2021).

Selain fungsi pengendalian aliran daya listrik, switchgear juga

menjadi perangkat utama dalam sistem proteksi untuk mencegah kerusakan pada generator, transformator, dan peralatan lainnya akibat gangguan seperti hubung singkat atau arus lebih. Ketika relai mendeteksi kondisi abnormal, pemutus tenaga akan bekerja untuk memutus rangkaian dan mengisolasi bagian sistem yang terganggu sehingga gangguan tidak menyebar. Sistem interlocking pada switchgear memungkinkan operasi yang aman dan mencegah kesalahan human error selama proses switching serta pemeliharaan. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian Bimantara (2010) yang menjelaskan bahwa sistem interlocking GIS di PLTU Paiton berperan dalam menjamin keselamatan dan keandalan operasi, terutama pada perangkat switchgear yang menangani tegangan tinggi dalam sistem tenaga listrik.

3.1.3 Komponen Pada Switch Gear

Pada Switchgear terbagi dalam komponen inti dan komponen untuk memonitor distribusi listrik. Komponen inti switchgear meliputi busbar, circuit breaker, disconnecter switch, dan relay.



Gambar 3. 2 Komponen Switch Gear

1. Busbar

Bus –bar (rel) adalah susunan konduktor yang digunakan dalam sebuah panel. Bus-bar untuk menghantarkan listrik dari incoming feeder ke seluruh cabang sirkuit perlindungan dalam instalasi listrik. Tentunya menggunakan alat ini untuk mempermudah instalasi maupun perubahan. Selain itu juga plat bus-bar efektif dalam mengantisipasi

panas berlebih karena dilewati arus yang cukup besar. Alat ini salah satu komponen utama dari Switchgear yang berfungsi sebagai tempat atau mediator untuk menghubungkan beberapa rangkaian atau peralatan. Bahan untuk bus-bar umumnya terbuat dari tembaga, aluminium, dan alloy. Material bus-bar yang berfungsi sebagai konduktor listrik memiliki peranan penting agar biaya yang dikeluarkan sebanding dengan umur hidup panel listrik. Bus-bar ada yang berbahan tembaga dan juga ada yang berbahan aluminium. Tembaga lebih baik dibandingkan aluminium dari segi konduktivitas dan kekuatan. Namun tembaga memiliki berat lebih besar dibandingkan aluminium. Tembaga memiliki tingkat kekerasan yang lebih tinggi sehingga memberikan resistensi yang lebih besar daripada aluminium sehingga bus-bar yang terbuat dari tembaga lebih tahan terhadap kerusakan.

2. Current Transformer

Current Transformer (CT) atau Transformator ukur merupakan suatu peralatan yang dapat merubah suatu besaran listrik yaitu arus dan tegangan ke besaran yang sama dengan nilai yang berbeda. Transformator ukur memiliki belitan primer dan belitan sekunder. Belitan primer dihubungkan ke jaringan sistem tenaga listrik dan belitan sekunder dihubungkan ke peralatan ukur dan peralatan pengaman. Oleh karena itu pada sistem tenaga listrik memiliki besaran dengan nilai yang cukup besar maka transformator ukur berfungsi untuk menurunkan nilai besaran. Berdasarkan besaran yang ditransformasikan. Transformator ukur terdiri dari :

1. Transformator Arus (Current Transformer/CT) : Transformator arus berfungsi untuk mentransformasikan arus yang besar menjadi arus yang kecil. Arus yang kecil ini disebut sebagai arus sekunder dan dihubungkan ke peralatan ukur atau rele pengaman. Penerapan arus sekunder pada transformator arus dengan nilai nominal 1 A atau 5 A. Konstruksi dari trafo arus ini terdiri dari :

- Kumpanan Berfungsi untuk mentransformasikan besaran arus besar menjadi arus yang kecil.
- Pendingin Merupakan bahan yang bersifat isolator seperti minyak atau udara. Berfungsi untuk mendinginkan kumpanan dan sekaligus mengisolasi bagian bertegangan.
- Porselen Sebagai pelindung (body) merupakan bagian luar dari transformator yang berfungsi untuk memisahkan bagian bertegangan.
- Terminal Berfungsi untuk penyambungan dari sisi primer atau sekunder ke peralatan listrik lain yang membutuhkannya.

2. Transformator Tegangan (Potential Transformer/PT) : Transformator tegangan berfungsi untuk mentransformasikan tegangan yang tinggi menjadi tegangan yang rendah, tegangan yang rendah ini disebut tegangan sekunder dan dihubungkan ke peralatan ukur atau relay pengaman. Penerapan tegangan sekunder pada transformator tegangan dengan nilai nominal $100/\sqrt{3}$ V atau $110/\sqrt{3}$ V. Konstruksi transformator tegangan terdiri dari :

- Kumpanan Berfungsi untuk mentransformasikan besaran arus besar menjadi arus yang kecil.
- Pendingin Merupakan bahan yang bersifat isolator seperti minyak atau udara. Berfungsi untuk mendinginkan kumpanan dan sekaligus mengisolasi bagian bertegangan.
- Porselen Sebagai pelindung (body) merupakan bagian luar dari transformator yang berfungsi untuk memisahkan bagian bertegangan. –
- Terminal Berfungsi untuk penyambungan dari sisi primer atau sekunder ke peralatan listrik lain yang membutuhkannya. Sesuai dengan kebutuhan penggunaannya pada sistem tenaga listrik tiga fasa, kumpanan pada transformator tegangan dihubungkan dengan beberapa formasi. Antara lain:
- Hubungan delta terbuka atau hubungan V Hubungan ini digunakan

untuk jaringan tegangan menengah dan terdiri dari dua buah transformator tegangan satu fasa.

- Hubungan fasa ke tanah Hubungan ini digunakan pada jaringan tegangan menengah dan tegangan tinggi dengan menghubungkannya ke tanah sehingga tegangan sekundernya adalah tegangan fasa ke tanah.

3. Relay Pengaman

Relay pengaman atau relay Proteksi adalah susunan peralatan yang berfungsi untuk mendeteksi atau merasakan adanya gangguan atau mulai merasakan adanya ketidaknormalan pada peralatan atau bagian sistem listrik. Relay pengaman dapat mendeteksi atau merasakan adanya gangguan pada peralatan yang diamankan dengan mengukur atau membandingkan besaran-besaran yang diterimanya, misalnya arus, tegangan, daya, sudut fasa, frekuensi, impedansi, dan sebagainya dengan besaran yang ditentukan. Relay secara otomatis membuka Pemutus Tenaga (PMT) untuk memisahkan peralatan atau bagian dari sistem yang terganggu dan memberi isyarat berupa lampu atau alarm yang menandakan sistem telah terjadi gangguan. Adapun fungsi relay proteksi ini pada sistem tenaga listrik, yaitu :

- Merasakan, mengukur, dan menentukan bagian sistem yang terganggu serta memisahkan secepatnya sehingga sistem lainnya tidak terganggu dan dapat beroperasi secara normal
- Mengurangi kerusakan yang lebih parah dari peralatan atau bagian sistem yang terganggu
- Mengurangi pengaruh gangguan terhadap bagian sistem lain yang tidak terganggu di dalam sistem tersebut serta mencegah meluasnya gangguan
- Memperkecil bahaya bagi aspek kehidupan.

Adapun jenis-jenis pembagian relay proteksi berdasarkan besaran ukur yang sering ditemukan dalam pengamanan sistem tenaga listrik, diantaranya yaitu:

1. Relay Arus Adalah relay yang bekerja berdasarkan pengaturan arus yang akan bekerja pada sistem. Adapun yang relay arus yang sering ditemukan pada sistem tenaga listrik yaitu relay arus lebih atau Over current Relay (OCR). Relay arus lebih adalah suatu relay yang bekerja berdasarkan kenaikan arus yang melebihi suatu nilai pengamanan tertentu dan dalam jangka waktu tertentu, sehingga relay ini dapat dipakai sebagai pola pengamanan arus lebih. Relay ini pada dasarnya mengamankan adanya arus lebih yang diakibatkan oleh hubung singkat dan beban lebih. Relay arus lebih ini memberi syarat kepada PMT (Pemutus Tenaga) bila terjadi gangguan untuk membuka rangkaian sehingga kerusakan alat akibat gangguan pada sistem tenaga listrik dapat dihindari.
2. Relay Tegangan Adalah relay yang bekerja berdasarkan pengaturan tegangan yang ada pada sistem. Terdapat dua jenis relay tegangan yang digunakan pada sistem tenaga listrik sebagai proteksi. Yaitu relay tegangan lebih (Over Voltage Relay) dan relay tegangan jatuh (Under Voltage Relay). relay ini bekerja melindungi apabila terjadi tegangan lebih atau tegangan jatuh akibat sambaran petir, selisih parameter beban yang digunakan sehingga dapat menimbulkan kerusakan pada peralatan sistem tenaga listrik. kepada PMT bila terjadi gangguan untuk membuka rangkaian sehingga kerusakan alat akibat gangguan pada sistem tenaga listrik dapat dihindari.
3. Relay Gangguan Tanah Adalah relay yang bekerja apabila terjadi gangguan hubungan singkat fasa ke tanah. Prinsip kerja dari relay gangguan tanah (Ground Fault Relay) ini sama dengan prinsip kerja dari relay arus lebih (Over Current Relay). Yang membedakannya yaitu jika relay arus lebih mendeteksi adanya hubung singkat antara fasa dengan fasa, sedangkan relay gangguan tanah antara fasa dengan tanah. Dikarenakan arus ganggguan yang timbul akibat kebocor mengalir ke tanah dengan nilainya kecil dan tidak bias terdeteksi oleh relay arus lebih, dengan demikian

diperlukan relay gangguan tanah (Ground Fault Relay)

3.1.4 Alat Pengukuran

Adapun alat ukur yang terdapat pada alat switchgear yaitu diantaranya seperti :

1. Ampere Meter

Ampere meter adalah sebuah alat untuk mengukur kuat arus listrik dalam rangkaian tertutup. Ampere meter biasanya dipasang secara seri dengan elemen listrik. Alat ini sering digunakan oleh teknisi yang biasanya menjadi satu dalam multitester atau avometer. Cara penggunaannya yaitu dengan menghubungkan secara seri antara rangkaian yang akan diukur arusnya dengan amperemeter. Karena didalam ampere meter terdapat kumparan sebagai pelaku untuk menghasilkan putaran. Ampere meter bekerja berdasarkan prinsip gaya magnetik. Ketika arus mengalir melalui kumparan yang dilengkapi oleh medan magnet timbul gaya magnetik atau gaya Lorentz yang menggerakkan jarum penunjuk menyimpang.

2. Volt meter

Adalah alat untuk mengukur besar tegangan listrik dalam suatu rangkaian listrik. Volt meter disusun secara paralel terhadap letak komponen yang diukur dalam rangkaian. Prinsip kerjanya adalah adanya fluks magnetik yang memiliki bentuk gelombang sinus dengan frekuensi yang sama dan masuk ke dalam suatu kepingan logam secara paralel. Antara fluks yang satu dengan fluks yang lain terdapat suatu perbedaan fasa. Fluks bolak-balik akan membangkitkan tegangan- tegangan dalam kepingan logam yang akan menyebabkan terjadinya arus- arus putar di kepingan logam.

3. Insulation Resistancen Tester

Insulation Resistance atau megger adalah alat ukur yang berfungsi menguji kualitas isolasi kabel, lilitan atau instalasi listrik dengan memberikan tegangan DC tinggi untuk mengukur tahanan isolasi dengan menampilkan nilai ketahanan resistansi VIR (*Value Insulation*

Resistance) dengan rentan waktu tertentu yang sesuai dengan tegangan nominal komponen uji selama 1 menit. mendeteksi kebocoran arus, kondisi isolasi dan memastikan keamanan sistem dari risiko sengatan listrik atau korsleting, dengan hasil dibaca dalam satuan mega ohm ($M\Omega$).

3.1.5 Pengukuran dan Pemasangan Switch Gear

Pada pemasangan atau pengukuran dapat di kategorikan pada kabel-kabel sebagai control atau rel busbar. Pengukuran Pemasangan Switchgear Dibedakan menurut :

1. Unit Switchgear
2. Perlengkapan / komponen
 - a. Unit Switchgear Switchgear daya IP tinggi (IP55 atau lebih) dipasang pada tempat-tempat tertentu atau dalam ruangan perlengkapan Switchgear terlindung dari sentuhan atau bahkan semprotan air dan debu sekalipun tidak mudah menjangkau bagian dalamnya kecuali pada bagian ventilasi yang dibuat sedemikian rupa hingga aman. Switchgear dengan IP rendah (IP00), dipasang di dalam ruangan tertutup dan terkunci sehingga tidak mudah dijangkau, kecuali hanya oleh orang-orang tertentu. Switchgear seperti ini berupa rangka-rangka terbuka tempat memasang perlengkapan-perlengkapan Switching dan hanya sebagian sisi yang tertutup dapat mengoperasikan peralatan seperti tombol on-off dan Switch on, Switch off. Perlengkapan listrik yang bertegangan tidak terlindung dari sentuhan luar, tidak terlindung terhadap benda-benda luar maupun tetesan air jadi tingkat bahaya terhadap sentuhan langsung tinggi. Switchboard semacam ini banyak dijumpai/ terpasang pada pusat-pusat pembangkit listrik, gardu induk, tapi keberadaannya sudah berkurang, digantikan oleh Switchboard dengan IP tinggi (IP55). Lebih praktis dan aman sering dengan perkembangan teknologi.

b. Pemasangan perlengkapan hubung dan komponen penghubungnya di dalam box panel. Meliputi pemasangan bagian-bagian yang tidak berisolasi seperti :

- Bus bar
- Kabel terminal
- Fuse
- Titik-titik penyambung pada CB, Switch, dsb.

Disini jarak aman antar penghantar fasa dan antar penghantar daya bodi/rangka perlu dijaga pada Switch board tegangan rendah ($< 1 \text{ K}$) jarak aman yang ditetapkan = 5 cm. Pada tegangan menengah jarak aman ditetapkan $5 \text{ cm} + 1 \text{ cm/kV}$.

Contoh : Pada panel TM 10 kv, maka jarak aman pemasangan hantaran telanjang di dalam box = $5 + 1 \times 10 = 15 \text{ cm}$ dapat dikatakan bahwa hantaran jarak tersebut hanya berlaku pada Switchboard konvensional, yaitu dengan medan udara.

Untuk Switchboard dengan medium / penyekat yang lain (minyak, SF6) berbeda, akan lebih kecil atau kurang dari ketentuan di atas. Jadi yang berperan dalam menentukan jarak aman ini adalah :

- Penempatan isolator pendukung menjaga jarak hantaran fasa dengan fasa dan fasa dengan bodi.
- Ukuran/dimensi isolator pendukung menjaga jarak hantaran fasa dengan bodi.
- Pemasangan perlengkapan berisolasi seperti : Circuit Breaker, Switch, kabel tenaga, kabel control, Current Transformer, Potensial transformer, dsb. Karena sudah tercetak / terakit dalam satu unit alat (pada peralatan 3 fasa) dengan jarak aman yang sudah ditetapkan, sehingga yang terpenting adalah menyatakan masing-masing alat sesuai daya fungsinya. Juga dalam terminating/penyambungan kabel pada terminal peralatan harus dijaga jangan sampai mengurangi jarak aman.

3.1.6 Peran Switchgear dalam kondisi terjadi gangguan

Pada suatu jaringan listrik, banyak terjadi hal-hal yang dapat mengganggu kerja dari suatu switchgear dengan kata lain kondisi abnormal pada switchgear baik itu gangguan yang berasal dari internal maupun gangguan dari dalam. Ketika terjadi gangguan, maka akan terlihat adanya indikasi gangguan pada panel sistem kelistrikan yang terdapat di panel menyala pada posisi off untuk membuktikan apakah gangguan itu pada peralatan switchgear, maka dapat dilihat pada panel lokal yang terdapat di masing-masing ruang indikasi gangguan tersebut dengan menunjukkan adanya lampu indikator menyala pada bagian yang mengalami gangguan. Untuk mengatasi gangguan yang terjadi perlu diperhatikan tahapan-tahapan dan ketentuan-ketentuan yang berupa prosedur mengatasi gangguan pada sistem kelistrikan. Gangguan-gangguan tersebut yang biasa terjadi pada switchgear yaitu terjadinya panas, sering trip tanpa sebab yang diketahui dengan pasti, dan sistem kerjanya tidak dapat dioperasikan. Pelacakan penyebab gangguan tersebut dapat dilakukan diantaranya :

1. Terjadinya panas
 - Periksa arus beban.
 - Periksa sambungan-sambungan.
 - Periksa kotoran yang menempel / debu.
 - Periksa sistem pendingin dan suhu ruangan.
2. Sering trip (tanpa sebab yang jelas)
 - Periksa atau lacak pada kabel-kabel pada rangkaian
 - pengontrolan sesuai gambar diagram rangkaian control.
 - Periksa penyetelan/setting dari relay proteksi.
 - Periksa tegangan catu daya rangkaian control.
 - Periksa kondisi/spesifikasi peralatan proteksi dan pemutus (switchgear).
 - Periksa hubungan ke beban.
 -

3. Gagal dioperasikan (on/off)
 - Periksa kondisi fisik switchgear
 - Periksa atau melacak kabel-kabel control
 - Periksa komponen rangkaian kontrol dan karakteristik atau spesifikasi
 - Periksa hubungannya ke beban.

BAB IV

PELAKSANAAN ON THE JOB TRAINING

4.1 Lingkup Pelaksanaan *On the Job Training* (OJT)

Lingkup wilayah kerja bagi taruna/i yang melaksanakan OJT di PLTU PAITON UNIT 1&2 diantaranya adalah Fasilitas turbin dan boiler. Taruna/i yang melaksanakan OJT memiliki tugas melaksanakan kegiatan pemeliharaan fasilitas-fasilitas di PLTU Paiton Unit 1&2 baik pada sisi turbin maupun sisi boiler serta memastikan semua fasilitas yang berada dalam tanggung jawab dan pengawasan operator dalam keadaan baik sehingga operasional dapat berjalan dengan lancar dan aman. Beberapa kegiatan pemeliharaan yang dilaksanakan diantaranya adalah sebagai berikut :

1. Pemeliharaan, perbaikan, perencanaan, pembangunan dan evaluasi terhadap kerusakan yang terjadi terhadap fasilitas bangunan, peralatan yang beroperasi.
2. Melakukan pekerjaan perawatan serta kegiatan pemeliharaan marka.
3. Memahami cara pengoperasian, siklus, dan kegunaan alat-alat ukur seperti ampere meter, volt meter dan IR tester.

4.2 Jadwal Pelaksanaan

Pelaksanaan program On The Job Training (OJT) bagi Taruna Program Diploma 3 Teknik Listrik Bandara Angkatan XVII tahun 2025 Politeknik Penerbangan Surabaya dilaksanakan selama 2 bulan terhitung sejak tanggal 12

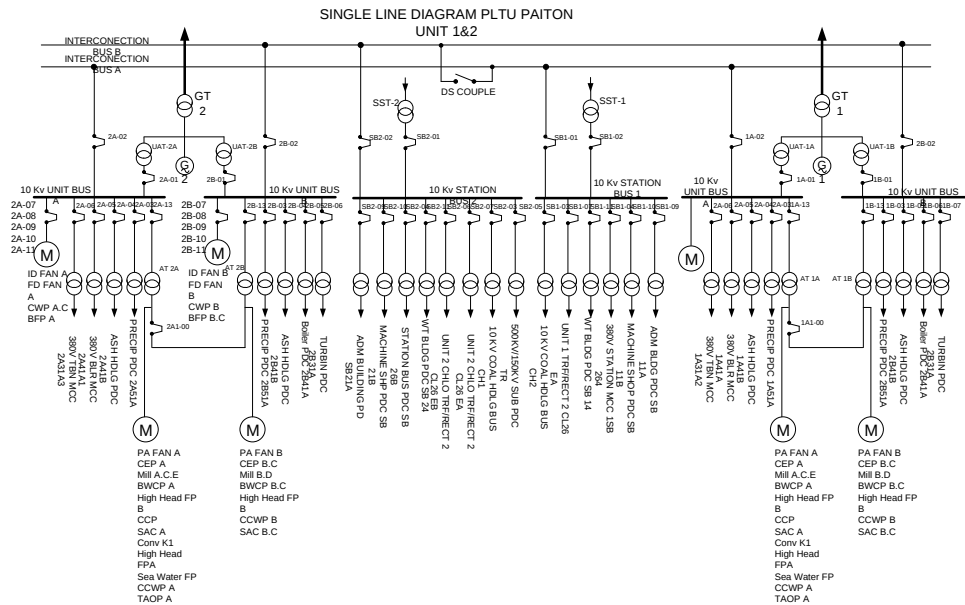
Oktober –12 September 2025 dan dilaksanakan di PLTU Paiton Unit 1&2 secara umum dapat dilihat pada tabel :

Tabel 4. 1 Jadwal Pelaksanaan

No	Tanggal	Uraian Kegiatan	Keterangan
1	12 Oktober 2025	Tiba di lokasi OJT yaitu PLTU Paiton Unit 1&2	Penyerahan dokumen berkas dan pembuatan id card khusus
2	13 Oktober – 12 Desember 2025	Taruna <i>On The Job Training</i> (OJT) Melaksanakan kegiatan dan tugas harian	Jam kerja Kantor Pukul 08.00 WIB – 16.00 WIB Dengan libur sabtu dan minggu
3	10 Desember 2025	Sidang laporan <i>On The Job Training</i> (OJT)	Dilakukan via zoom

4.3 Sistem Kelistrikan PLTU Paiton Unit 1 dan 2

PLTU Paiton Unit 1 dan 2 dengan kapasitas 2 x 400 MW membangkitkan tenaga listrik untuk disuplai ke dalam grid Jawa-Madura-Bali serta untuk pemakaian sendiri di lingkungan unit pembangkit. *Station Service Transformer* (SST 1 dan SST 2) masing masing 150/10 kV, 60 MVA ke *Station Bus* SB 1 dan SB 2 untuk pemakaian Unit pada waktu start dan juga untuk mensuplai *Inter Connection Bus* A dari SST 1 dan *Inter Connection Bus* B dari SST 2. Secara umum alur suplai tenaga listrik yang dibangkitkan PLTU Paiton unit 1 dan 2 dapat dilihat pada gambar berikut ini:



Gambar 4. 1 Single Line Diagram Unit 1&2

- Sistem 500 kV**

Tegangan dinaikkan dari 18 kV ke 500 kV menggunakan transformator GT, lalu dialirkan melalui saluran SUTT 500 kV Krian 1 dan 2 ke GITET Krian. Selanjutnya, tegangan ini disalurkan ke substasiun 500 kV via transformator tie (TT 1 dan TT 2) berkapasitas 500/150 kV, 500 MVA.
- Sistem 150 kV**

Tegangan ini didistribusikan melalui transformator layanan stasiun (SST 1 dan SST 2) berkapasitas 150/10 kV, 60 MVA ke bus SB 1 dan SB 2. SST 1 dan 2 masing-masing memasok bus interkoneksi A dan B, serta digunakan saat start-up unit 2.
- Sistem 18 kV**

Dihasilkan langsung dari *generator* unit 1 dan 2, lalu disalurkan ke substasiun 500 kV melalui transformator utama (GT) berkapasitas 18/500 kV, 470 MVA.
- Sistem 10 kV**

Menyuplai beban 10 kV yang terhubung ke Unit Bus (1A, 1B, 2A, 2B) dan Station Bus (1, 2). Unit Bus dipasok oleh UAT, sementara

Station Bus oleh SST. Distribusi menggunakan *switchgear* 10 kV yang terdiri dari pemutus tegangan, pemutus arus, sekering, dan *disconnecting switch* untuk kontrol dan proteksi.

- Sistem 3 kV

Tegangan ini dihasilkan dari penurunan 10 kV menggunakan transformator bantu (AT 1A, 1B, 2A, 2B), lalu disalurkan via *switchgear*

3kV ke peralatan bertegangan menengah seperti motor dan sistem pendukung.

- Sistem 380 V

Sistem tegangan 380 V digunakan untuk menyuplai beban-beban dengan level tegangan 380 V. Bus 380 V 2 disuplai 2 oleh Trafo-trafo PDC 10 kV/380 V dan disalurkan melalui MCC-MCC untuk menyuplai peralatan bantu dengan level tegangan 380 V. *Power Distribution Control* (PDC) adalah suatu panel untuk mendistribusikan listrik ke peralatan-peralatan di unit pembangkit. Dalam housing PDC terdapat trafo yang berfungsi untuk menurunkan tegangan masukan, tegangan keluaran dari trafo ini kemudian digunakan untuk menyuplai peralatan-peralatan seperti MCC dan lain-lain. Sedangkan *Motor Control Center* (MCC) adalah sebuah panel yang berisi peralatan-peralatan kontrol motor, biasanya berisi motor drive, PLC, motor starter metering dan lain-lain.

- Sistem 220 Vdc

Sistem tegangan 220 Vdc disuplai oleh station battery, sistem tegangan ini menyuplai peralatan-peralatan emergency, DCS dan UPS. Sebagai contoh: *Turbine Emergency Oil Pump*, *Generator Emergency Seal oil Pump*, *DC Emergency Lighting*, *Distributed Control System* dan *Uninterruptible Power Supply* (UPS) GUTOR. UPS adalah suatu peralatan listrik yang mampu memberikan suplai daya back-up/emergency kepada beban ketika sumber daya utama gagal. Kelebihan UPS dari peralatan listrik *emergency* lainnya adalah UPS

mampu menyuplai daya kepada beban dalam waktu nyaris seketika (near instantaneous) atau tanpa interupsi ketika sumber utama gagal, sehingga peralatan terhindar dari kerusakan akibat interupsi/kedip saat pergantian suplai daya.

- Sistem 125 Vdc

Sistem tegangan 125 VDC berasal dari *station battery*, untuk melayani 10 kV unit *switchgear*, 3 kV *switchgear*, semua control panel, control power untuk GT, UAT dan sebagainya.

- al AFL?

4.4 Identifikasi Masalah

Selama On the Job Training, kegiatan inspeksi atau *Preventif Maintenance* (PM) rutin di fasilitas Turbin dan Boiler dilakukan setiap hari. Dalam hal ini, penulis menemukan masalah di area kerja Turbin pada PLTU Paiton Unit 1 yaitu penurunan nilai *Insulation Resistance* (IR) pada line busbar R.S.T yang menghubungkan dari trafo UAT ke SwitchGear, Sehingga gangguan ini menyebabkan kegagalan operasi distribusi.

4.4.1 Identifikasi Awal

Langkah awal dalam proses analisis penurunan nilai resistansi pada switchgear 10KV dilakukan dengan pengujian insulation resistance (megger test) pada motor menggunakan tegangan uji sebesar 5 kV. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui kondisi isolasi masing-masing fasa terhadap ground dan menilai apakah masih sesuai dengan standar yang direkomendasikan oleh IEC 60270, di mana nilai minimum resistansi isolasi untuk tegangan menengah adalah $\geq 100 \text{ M}\Omega$. Kerusakan awal pada switchgear 10KV ditandai dengan trip proteksi yang berasal dari sistem relay proteksi. Kondisi ini menunjukkan adanya ketidakseimbangan arus yang signifikan akibat hubung singkat ke tanah (*ground fault*). Indikasi ini mengonfirmasi bahwa salah satu fasa telah mengalami penurunan isolasi hingga terjadi arus bocor besar ke tanah.



Kombinasi alarm (Trip) dan pengujian insulation test menjadi dasar utama identifikasi awal bahwa kerusakan switchgear bisa saja berasal dari gangguan eksternal, akan tetapi pengaruh faktor internal juga dapat dipertimbangkan. Temuan ini kemudian ditindaklanjuti dengan pemeriksaan lanjutan berupa pengujian insulation resistance (IR test/megger) dan pengamatan visual pada kondisi line busbar yang terhubung ke trafo SST.

4.4.2 Pengujian dan pemeriksaan fisik pada line busbar

Pengujian lanjutan dilakukan setelah pemeriksaan kondisi fisik line busbar dengan metode pemanasan terkontrol untuk meningkatkan temperatur di dalam ruang rack busbar. Proses ini bertujuan untuk menurunkan kelembaban relatif dan menghilangkan potensi akumulasi uap air pada titik-titik tertentu yang berisiko menyebabkan kondensasi. Kelembapan relatif di dalam ruang rack busbar selanjutnya dipertahankan pada rentang 40–60% RH dan tidak melebihi 65% RH untuk menjamin keandalan sistem isolasi dan meminimalkan risiko kegagalan isolasi.



4.4.3 Pengujian Megger test pada line busbar

Tahapan pengujian selanjutnya dilakukan uji tahanan isolasi menggunakan alat insulation resistance tester (megger) pada line busbar. Pengujian ini bertujuan untuk mengevaluasi kondisi dan kualitas sistem isolasi dengan cara mengukur nilai resistansi antara konduktor dengan tanah (ground) serta antar fasa. Hasil pengukuran digunakan sebagai indikator tingkat degradasi isolasi, adanya kelembapan residual, kontaminasi permukaan, maupun potensi cacat isolasi yang dapat memicu terjadinya kegagalan operasi pada sistem busbar. Pengujian ini merupakan bagian dari upaya preventif untuk menjamin keandalan dan keamanan operasi peralatan listrik.



Berdasarkan hasil megger test yang menunjukkan adanya peningkatan nilai tahanan isolasi namun tidak signifikan, proses identifikasi selanjutnya dilanjutkan dengan pengujian terhadap komponen lain dalam sistem guna menginvestigasi kemungkinan

sumber permasalahan yang berkontribusi terhadap kinerja isolasi secara keseluruhan.

4.4.4 Penghangatan pada body switchgear

Penghangatan pada bodi switchgear dilakukan secara terkontrol sebagai bagian dari proses pengeringan internal dengan mengatur suhu operasi pada rentang 35–45 °C agar tetap stabil dan berada dalam batas aman. Proses ini bertujuan untuk menurunkan kelembapan relatif di dalam kompartemen peralatan, menghilangkan kandungan uap air, serta mencegah terjadinya kondensasi. Prosedur ini mengacu pada standar IEC 62271-1: High-voltage switchgear and controlgear – Part 1: *Common specifications*, khususnya pada ketentuan mengenai pengendalian kondisi lingkungan (*ambient air conditions*) dan pengelolaan kelembapan, yang menekankan pentingnya stabilitas temperatur dan kelembapan untuk menjaga keandalan sistem isolasi serta mencegah degradasi material isolasi akibat pengaruh lingkungan.



4.4.5 Pengujian megger pada Post Insulator (Isolator Penyangga)

Pengujian selanjutnya dilakukan terhadap post insulator sebagai bagian dari tahapan identifikasi kondisi peralatan untuk mendeteksi secara dini adanya indikasi kerusakan mekanis maupun elektrik pada komponen tersebut. Pengujian ini bertujuan untuk mengidentifikasi potensi retakan mikro, kontaminasi permukaan, degradasi material isolasi, serta penurunan nilai tahanan permukaan yang dapat memicu

terjadinya pelepasan muatan parsial (*partial discharge*) ataupun kegagalan isolasi. Hasil pengujian digunakan sebagai dasar dalam pengambilan keputusan terkait kelayakan operasi dan kebutuhan tindakan pemeliharaan preventif.



4.4.6 Pembersihan pada Switch gear

Pembersihan pada switchgear menggunakan Electronic Contact Cleaner dilaksanakan sebagai tindakan pemeliharaan preventif dengan tujuan menghilangkan akumulasi debu, partikel konduktif, dan kontaminan lingkungan lainnya yang dapat menyebabkan penurunan daya isolasi, meningkatkan risiko terjadinya *tracking* maupun *flashover*, serta mengganggu keandalan dan keselamatan pengoperasian peralatan.

4.4.7 Pembongkaran Komponen Switchgear

Proses pembongkaran komponen switchgear dilakukan secara sistematis sebagai bagian dari kegiatan pemeliharaan korektif untuk memungkinkan inspeksi visual, pembersihan, dan pengeringan secara menyeluruh. Selanjutnya, pembersihan dilakukan untuk menghilangkan akumulasi debu, kotoran, dan kontaminan yang berpotensi menurunkan kualitas isolasi, sedangkan proses penghangatan diterapkan secara terkendali untuk menurunkan tingkat kelembapan, mencegah kondensasi, serta menjaga stabilitas karakteristik dielektrik komponen.



4.4.8 Reisolasi penyangga busbar (Post Insulator)

Reisolasi Repairing pada penyangga busbar dilaksanakan sebagai tindakan pemeliharaan korektif untuk memperbaiki dan meningkatkan karakteristik dielektrik material isolasi, sehingga nilai resistansi isolasi dapat ditingkatkan serta potensi terjadinya arus bocor, tracking, dan kegagalan isolasi dapat diminimalkan.



4.4.9 Isolasi Busbar

Pemasangan busbar beserta sistem isolasinya dilaksanakan dengan mengacu pada standar IEC 61439 dan IEC 62271, sehingga memastikan terpenuhinya persyaratan jarak bebas listrik, jarak rambat (*creepage distance*), kekuatan mekanis, kestabilan termal, serta karakteristik dielektrik, guna menjamin keandalan dan keselamatan pengoperasian sistem tenaga listrik.



Gambar 4. 9 Pemasangan Busbar dan Sistem Isolasi

4.5 Pengujian hasil

Setelah seluruh tahapan identifikasi permasalahan dan tindakan korektif, meliputi pengeringan, pembersihan, reisolasi, serta perakitan ulang komponen switchgear dan busbar, dilakukan pengujian akhir sebagai bentuk verifikasi kinerja sistem. Pengujian ini mencakup pengukuran ulang tahanan isolasi menggunakan insulation resistance tester (megger), pemeriksaan kesinambungan konduktor, serta evaluasi kondisi visual guna memastikan bahwa seluruh parameter kelistrikan dan mekanis telah berada dalam batas standar yang dipersyaratkan. Hasil pengujian menunjukkan peningkatan nilai tahanan isolasi yang stabil serta tidak ditemukannya indikasi gangguan, sehingga peralatan dinyatakan layak untuk dikembalikan ke kondisi operasi normal.

4.5.1 Pengujian Line pada busbar

Pengujian Line pada busbar dilakukan untuk memastikan kontinuitas penghantar serta mendeteksi adanya kemungkinan cacat sambungan, peningkatan tahanan kontak, maupun gangguan mekanis pada sistem konduktor. Pengujian ini dilakukan dengan metode pengukuran tahanan menggunakan alat ukur megger tester dan uji kontinuitas menggunakan digital multimeter. Pengukuran dilakukan pada setiap fasa (R.S.T) serta antar titik sambungan busbar guna memastikan nilai tahanan berada dalam batas standar yang ditetapkan.



Gambar 4. 10 Pengujian pada Busbar



Hasil pengujian menunjukkan peningkatan nilai tahanan isolasi yang stabil serta tidak ditemukannya indikasi gangguan, sehingga peralatan dinyatakan layak untuk dikembalikan ke kondisi operasi normal.

4.5.2 Pengujian IR pada Post Insulator

Pengujian *Insulation Resistance* (IR) pada Post Insulator dilakukan untuk mengetahui kondisi kualitas isolasi serta memastikan tidak terjadi penurunan kemampuan isolasi akibat pengaruh kelembapan, kontaminasi permukaan, maupun penuaan material. Pengujian dilakukan menggunakan megger dengan nilai uji 2,5KV – 5KV DC. Titik pengukuran dilakukan antara terminal konduktor pada Post Insulator dengan bagian ground di rangka panel.



Hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai tahanan isolasi berada pada kisaran megaohm yang tinggi dan stabil, sesuai dengan standar kelayakan operasi peralatan tegangan menengah. Dengan demikian komponen Post Insulator dinyatakan dalam kondisi layak operasi dan memenuhi persyaratan standar keselamatan serta keandalan peralatan.

4.6 Hasil Pengujian dan kelayakan Unit

Berdasarkan hasil rangkaian pengujian tahanan isolasi menggunakan insulation resistance tester (megger) pada sistem busbar dan komponen switchgear, diperoleh peningkatan nilai resistansi isolasi setelah dilakukan inspeksi visual, proses pengeringan melalui pemanasan terkontrol, pembersihan kontaminan, serta reisolasi pada penyangga busbar. Meskipun peningkatan nilai resistansi tidak menunjukkan perubahan yang signifikan, hasil pengujian tetap mengindikasikan perbaikan kondisi isolasi secara bertahap. Proses penghangatan dilakukan dengan pengaturan suhu terkontrol pada rentang 35–45 °C untuk menurunkan kelembapan relatif di dalam kompartemen hingga berada pada batas aman ($< 65\% \text{ RH}$), guna mencegah terjadinya kondensasi dan menjaga stabilitas karakteristik dielektrik. Seluruh tahapan pemasangan kembali busbar dan sistem isolasi dilaksanakan sesuai dengan standar IEC 62271, IEC 61439, serta pedoman pengujian tahanan isolasi berdasarkan IEEE Std 43, sehingga hasil pengujian dapat digunakan sebagai dasar penilaian kelayakan operasi, keandalan peralatan, serta rekomendasi tindakan pemeliharaan preventif dan korektif pada sistem tenaga listrik.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

5.1.1 Kesimpulan BAB IV

Selama pelaksanaan On the Job Training di PLTU Paiton Unit 1 & 2, ditemukan permasalahan teknis berupa penurunan nilai *insulation resistance* (IR) pada line busbar fasa R, S, dan T yang menghubungkan trafo SST/UAT dengan panel switchgear 10 kV. Kondisi ini terdeteksi melalui hasil uji megger dan indikasi trip pada sistem proteksi, yang mengarah pada dugaan awal adanya gangguan isolasi menuju tanah (*ground fault*). Dengan Hasil pengujian dan inspeksi menunjukkan bahwa penurunan nilai IR tidak hanya dipengaruhi oleh faktor beban dan umur peralatan, tetapi juga oleh faktor lingkungan seperti kelembapan di dalam ruang rack busbar, potensi kondensasi, serta kontaminasi permukaan (debu, partikel konduktif, dan kotoran) pada permukaan busbar dan *post insulator*.

Tindakan penanganan yang dilakukan meliputi:

- pemanasan terkontrol pada ruang busbar dan bodi switchgear untuk menurunkan kelembapan,
 - pembersihan menyeluruh pada kompartemen switchgear menggunakan *electronic contact cleaner*,
 - pembongkaran komponen untuk inspeksi visual, pengeringan, dan penghangatan,
 - *reinsulation/repairing* pada *post insulator* penyangga busbar,
 - serta pemasangan ulang busbar dan sistem isolasinya dengan acuan standar IEC dan IEEE.
- Rangkaian tindakan tersebut terbukti mampu meningkatkan nilai tahanan isolasi dan menormalkan kembali kinerja sistem.

Pengujian akhir menggunakan *insulation resistance tester* (megger) dan uji kontinuitas konduktor menunjukkan bahwa nilai tahanan isolasi busbar

dan post insulator telah berada pada kisaran megaohm yang tinggi dan stabil, sehingga dinyatakan memenuhi kelayakan operasi untuk peralatan tegangan menengah. Dengan demikian, peralatan switchgear beserta sistem busbar dapat dikembalikan ke kondisi operasi normal dengan tingkat keandalan yang dapat diterima. Secara umum, studi kasus ini menegaskan bahwa pengendalian kelembapan, kebersihan ruang panel, serta pemeriksaan berkala terhadap sistem isolasi dan komponen pendukung (seperti post insulator dan sambungan busbar) sangat menentukan keandalan sistem distribusi tegangan menengah dan berperan penting dalam mencegah terjadinya gangguan trip, flashover, maupun risiko shutdown unit yang tidak direncanakan.

5.1.2 Kesimpulan Pelaksanaan OJT

Program On the Job Training (OJT) di PLTU Paiton Unit 1 dan 2 memberikan kesempatan kepada taruna untuk mengimplementasikan pengetahuan teoritis yang diperoleh di Politeknik Penerbangan Surabaya ke dalam konteks operasional sistem pembangkitan tenaga listrik skala besar, khususnya pada bidang sistem kelistrikan, pengoperasian dan pemeliharaan switchgear, transformator layanan stasiun (Station Service Transformer/SST dan Unit Auxiliary Transformer/UAT), serta sistem distribusi internal pembangkit. Selama pelaksanaan OJT, taruna memperoleh pemahaman yang komprehensif mengenai konfigurasi sistem tenaga listrik, yang mencakup tingkat tegangan 500 kV, 150 kV, 18 kV, 10 kV, 3 kV, hingga sistem tegangan rendah 380 V serta sistem arus searah (220 VDC dan 125 VDC), termasuk fungsi dan karakteristik peralatan utama seperti Generator Transformer (GT), SST, UAT, Power Distribution Center (PDC), Motor Control Center (MCC), dan sistem baterai, sehingga tercapai kesesuaian antara kompetensi akademik dengan kebutuhan industri (link and match). Dari aspek kompetensi teknis, taruna terlibat secara langsung dalam kegiatan pemeliharaan preventif dan korektif, inspeksi kondisi peralatan, pengujian parameter kelistrikan, serta analisis gangguan, termasuk pengoperasian instrumen ukur seperti ammeter, voltmeter, dan insulation resistance tester.

Pengalaman ini meningkatkan kemampuan dalam melakukan identifikasi permasalahan, analisis teknis, serta penerapan standar Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) dan prosedur kerja aman, seperti Permit to Work (PTW), Work Order, Instruksi Kerja, dan penggunaan Alat Pelindung Diri (APD).

Dari aspek nonteknis, pelaksanaan OJT berkontribusi terhadap pengembangan kompetensi soft skills, meliputi disiplin kerja, kemampuan komunikasi interpersonal, kerja sama tim dengan teknisi dan personel unit, kemampuan adaptasi terhadap lingkungan kerja industri, serta penerapan etika kerja profesional. Hal ini selaras dengan tujuan program OJT, yaitu menghasilkan lulusan yang tidak hanya kompeten secara teknis, tetapi juga memiliki kesiapan sikap dan perilaku kerja yang sesuai dengan tuntutan dan standar dunia industri. Secara keseluruhan, OJT di PLTU Paiton Unit 1 & 2 dapat dikategorikan berhasil karena:

1. memberikan pengalaman langsung terkait operasi dan pemeliharaan pembangkit,
2. memberikan studi kasus teknis yang relevan untuk dianalisis dalam laporan,
3. serta memperkuat kesiapan taruna untuk berkontribusi di sektor ketenagalistrikan maupun sektor lain yang menggunakan sistem kelistrikan tegangan menengah dan tinggi.

5.2 Saran

5.2.1 Saran terhadap BAB IV

1. **Monitoring rutin nilai Insulation Resistance**

Perlu dilakukan pencatatan dan *trending* nilai IR busbar dan *post insulator* secara berkala (misalnya sebelum dan sesudah *outage*, serta pada interval tertentu saat operasi). Data tren akan membantu mendeteksi lebih dini kecenderungan penurunan isolasi dan menjadi dasar penentuan prioritas pemeliharaan preventif.

2. Pengendalian kelembapan dan kebersihan ruang switchgear

Disarankan pemasangan dan pemantauan rutin *temperature & humidity logger* di ruang rack busbar dan kompartemen switchgear. Bila diperlukan, penggunaan *space heater*, sistem ventilasi, atau dehumidifier perlu dioptimalkan agar kelembapan relatif tetap berada pada rentang yang direkomendasikan standar (tidak melebihi batas aman yang dapat memicu kondensasi).

3. Program pembersihan dan inspeksi berkala

Pembersihan kompartemen switchgear dengan metode dan bahan yang sesuai (*electronic contact cleaner* atau metode sejenis) perlu dijadwalkan secara rutin, khususnya di area dengan potensi debu dan kontaminan tinggi. Inspeksi visual terhadap busbar, sambungan, dan *post insulator* juga sebaiknya dimasukkan dalam check list pemeliharaan periodik.

4. Evaluasi kelayakan *post insulator* dan komponen kritis

Untuk komponen yang menunjukkan kecenderungan penurunan IR atau tanda fisik kerusakan (retak halus, perubahan warna, atau jejak *tracking*), perlu dipertimbangkan penggantian sebelum mencapai kondisi kritis. Standar IEC dan IEEE dapat dijadikan acuan batas minimal nilai IR dan kriteria kelayakan operasi.

5. Penguatan SOP dan pelatihan teknis

Hasil studi kasus ini sebaiknya diintegrasikan ke dalam SOP pemeliharaan busbar dan switchgear (misalnya penambahan bab khusus tentang penanganan penurunan IR dan pengendalian kelembapan). Selain itu, disarankan diadakan sesi *sharing knowledge* atau pelatihan internal yang menjadikan kasus ini sebagai bahan pembelajaran bagi teknisi dan personel pemeliharaan lainnya.

5.2.2 Saran terhadap pelaksanaan kegiatan OJT

1. Penambahan porsi keterlibatan dalam analisis gangguan

Ke depan, taruna dapat lebih banyak dilibatkan dalam proses analisis

gangguan (*trouble shooting*), mulai dari pengumpulan data, kajian standar, hingga penyusunan laporan teknis internal. Hal ini akan memperkaya kemampuan analitis dan memperkuat pemahaman taruna terhadap *root cause analysis* di sistem tenaga listrik.

2. Penyusunan modul OJT berbasis studi kasus

Disarankan adanya modul resmi OJT yang memuat beberapa studi kasus teknis di PLTU, termasuk kasus penurunan IR pada busbar dan switchgear. Modul ini akan membantu taruna memahami konteks pekerjaan lapangan sekaligus menuntun mereka dalam menyusun laporan yang sistematis dan sesuai kaidah ilmiah.

3. Rotasi area kerja yang lebih terstruktur

Untuk memperluas wawasan, taruna dapat dijadwalkan mengikuti rotasi singkat ke beberapa sub-unit lain (misalnya operasi, K3, atau sistem kontrol dan instrumen) tanpa mengurangi fokus utama di bidang kelistrikan. Rotasi terstruktur ini akan membantu membentuk pemahaman yang lebih utuh tentang keterkaitan antarbagian dalam satu sistem pembangkitan.

4. Penguatan koordinasi antara kampus dan perusahaan

Perlu terus diperkuat koordinasi antara Politeknik Penerbangan Surabaya dan PLTU Paiton terkait penyelarasan kompetensi yang ingin dicapai, jenis pekerjaan yang dapat diikuti taruna, serta standar laporan yang diharapkan. Dengan demikian, output OJT dapat sekaligus menjadi portofolio akademik dan profesional yang kuat bagi taruna.

5. Evaluasi dan umpan balik dua arah

Setelah OJT berakhir, disarankan adanya sesi evaluasi formal antara pembimbing lapangan, dosen pembimbing, dan taruna untuk membahas capaian, kekurangan, dan peluang.

DAFTAR PUSTAKA

- Bimantara, A., Prabowo, I. G., N, A. R., & Mt, S. T. (2010). *Studi Tentang Sistem Interlocking Pada Gas Insulated Switchgear 500 kV di PLTU Paiton Unit 7 dan 8*. 1–6.
- Duanaputri, R., Ridzki, I., Hidayatullah, M. S., & Iqbal, M. (2021). *Studi Kelayakan Gas Insulated Switchgear di PT . Paiton Operation & Maintenance Indonesia Unit 8*. 8(1), 34–40.
- Wiharja, U., & Prasetyo, A. A. (2024). *ANALISA ARUS DAN TEGANGAN LISTRIK PADA GAS INSULATED SWITCHGEAR PLUMPANG 150 kV*. 12(1).