

# Analisa Perencanaan Switchgear 20 kV Stasiun Pengisian Kendaraan Listrik Umum (SPKLU) Trans Padang

Holiq Ikbal<sup>1\*</sup>, Andi Syofian<sup>2</sup>, Sitti Amalia<sup>3</sup>, Arfita Yuana Dewi<sup>4</sup>

<sup>1,2</sup>Teknik Elektro, Fakultas Teknik Institut Teknologi Padang

Email: holiqikbalitp@gmail.com<sup>1</sup>, andisyofianmt@gmail.com<sup>2</sup>, sittiamalia23213059@gmail.com<sup>3</sup>, arfitarachman.itp@gmail.com<sup>4</sup>

\*Penulis Korespondensi

*Abstarct— The electrical distribution system for the Trans Padang Public Electric Vehicle Charging Station (SPKLU) has been systematically planned to ensure both efficiency and reliability. The core component of the system is a 20 kV switchgear, serving as the main element for protection and control of power distribution. The planning is based on an analysis of the total power demand of 510.7 kVA, derived from eight 50 kW AC EV charging units along with additional loads from office and workshop facilities. To accommodate this demand, an 800 kVA transformer was selected, operating at approximately 63% of its rated capacity. The switchgear is designed using standard components, including Circuit Breakers, Load Break Switches, Current Transformers, and N2XSEFGbY 3 × 120 mm<sup>2</sup> cables, in accordance with SPLN standards. In addition, a backup generator is integrated to ensure operational continuity during PLN grid interruptions. The planning also involves the preparation of a single-line diagram and substation layout to facilitate installation and to optimize the efficiency of power distribution to all load units. This systematic design is expected to serve as a reference model for the development of SPKLU infrastructure in other regions of Indonesia.*

*Intisari— Sistem distribusi listrik untuk Stasiun Pengisian Kendaraan Listrik Umum (SPKLU) Trans Padang telah direncanakan dengan cermat untuk memastikan andal dan efisiensi. Inti dari sistem ini adalah penggunaan switchgear 20 kV yang berfungsi sebagai elemen utama untuk proteksi dan pengendalian distribusi listrik. Sistem perencanaan didasarkan pada analisis kebutuhan daya total sebesar 510,7 kVA, yang berasal dari delapan unit EV pengisian AC berdaya 50 kW dan beban tambahan dari fasilitas kantor serta bengkel. Untuk memenuhi kebutuhan ini, dipilih sebuah transformator 800 kVA, yang bekerja pada tingkat pemakaian sekitar 63%. Switchgear ini dirancang menggunakan komponen standar seperti Circuit Breaker, Load Break Switch, Current Transformer, dan kabel N2XSEFGbY 3 x 120 mm<sup>2</sup> sesuai dengan standar SPLN. Selain itu, sistem ini dilengkapi dengan cadangan genset untuk menjamin operasional yang berkelanjutan saat terjadi gangguan listrik dari PLN. Perencanaan ini juga mencakup pembuatan diagram satu garis (single line diagram) dan layout gardu, yang bertujuan untuk mempermudah proses instalasi dan memastikan daya distribusi yang efisien ke semua unit beban. Dengan perencanaan yang sistematis ini, sistem yang diharapkan dapat menjadi model yang dapat diterapkan pada pembangunan infrastruktur SPKLU lainnya di Indonesia.*

*Kata Kunci— SPKLU, peralatan sakelar 20 kV, distribusi daya, transformator 800 kVA, Pengisian Daya EV.*

## I. PENDAHULUAN

Sebagai garda terdepan dalam sistem distribusi daya Stasiun Pengisian Kendaraan Listrik Umum (SPKLU), switchgear 20 kV bukan hanya sekadar perangkat penghubung atau pemutus arus. Ia adalah tulang punggung yang memastikan aliran listrik berjalan aman, stabil, dan efisien dari jaringan PLN ke setiap titik pengisian. Tanpa perencanaan switchgear yang matang, SPKLU berisiko mengalami gangguan operasional, bahkan kerusakan serius, yang tentu akan menghambat laju adopsi kendaraan listrik di masyarakat. [1][2] Dengan demikian, hasil perencanaan switchgear ini diharapkan dapat menjadi fondasi kokoh bagi pengembangan infrastruktur kendaraan listrik yang berkelanjutan dan terintegrasi dengan baik dalam sistem kelistrikan nasional.[3] Selain itu, keberadaan SPKLU yang akan memberikan kontribusi pada pertumbuhan ekonomi lokal, menciptakan lapangan kerja, dan menarik lebih banyak investasi di sektor kendaraan listrik. [4]

Perencanaan SPKLU Trans Padang dikarenakan pihak Trans Padang berencana mengganti armadanya dengan bus listrik. Transisi ini memerlukan infrastruktur pengisian daya yang kuat dan efisien untuk mendukung operasional bus listrik setiap hari. Pembangunan SPKLU Trans Padang menandai langkah-langkah penting dalam mempercepat penerapan kendaraan listrik di wilayah Padang. Dengan perencanaan switchgear 20 kV memegang peranan penting sebagai jantung sistem kelistrikan SPKLU. Tanpa perencanaan yang matang, operasional SPKLU akan rentan terhadap gangguan, kegagalan sistem, dan bahkan bahaya keselamatan. Pentingnya melakukan perencanaan ini terletak pada kemampuan untuk menjamin ketersediaan pasokan listrik yang stabil dan berkelanjutan, menjamin keselamatan operasional melalui perangkat proteksi yang memadai, serta meningkatkan efisiensi dan kualitas daya demi pengisian yang optimal. Integrasi kendaraan listrik ke dalam jaringan utilitas dapat meningkatkan penggunaan energi terbarukan dan mengurangi emisi karbon secara global. [5][6][7][8] Dengan demikian, pengembangan infrastruktur pengisian yang efisien dan strategis sangat penting untuk mendukung penetrasi kendaraan listrik yang lebih besar dan mencapai tujuan pengurangan emisi karbon. [9][10]

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### A. Stasiun Pengisian Kendaraan Listrik Umum (SPKLU)

SPKLU adalah satu tempat beserta peralatan untuk melakukan pengisian ulang daya pada baterai mobil listrik (EV Charging). Fungsi utama unit EV Charging yakni

memasok energi listrik ke baterai mobil. Stasiun pengisian kendaraan listrik umum merupakan elemen penting dalam rencana global terkait elektrifikasi kendaraan listrik. Komponen SPKLU biasanya di sediakan di tempat umum layaknya stasiun pengisian BBM umum (SPBU), terdapat berbagai fasilitas pendukung langsung maupun tak langsung lainnya.[11]

### B. Distribusi Tenaga Listrik

Sistem Distribusi Tenaga Listrik bisa diibaratkan sebagai jalur pengiriman listrik. Seluruh sistem yang bertanggung jawab membawa listrik dari sumbernya, seperti pembangkit listrik, sampai ke tempat kita menggunakannya, seperti rumah atau pabrik. Proses distribusi ini melibatkan berbagai komponen penting, mulai dari trafo stepdown yang menurunkan tegangan tinggi menjadi tegangan yang aman untuk digunakan, jaringan kabel, switchgear, hingga panel distribusi yang mengatur aliran listrik ke berbagai titik konsumsi. Sistem instalasi listrik adalah cara kita memasang atau menata semua komponen yang menyalurkan dan menggunakan listrik di dalam suatu lokasi.

### C. Distribusi Tenaga Listrik Pada SPKLU

Penyaluran tenaga listrik SPKLU dimulai dari gardu distribusi di wilayah tersebut, setelah melewati tahapan-tahapan penyaluran tenaga listrik dari pusat pembangkit yang disuplai oleh PLN, hingga sampai di gardu induk distribusi dengan tegangan rata-rata 20 kV di masing-masing wilayah terbangun kawasan SPKLU.[12] Dalam sistem kelistrikan berdaya tinggi, transformator *step-down* sangat penting untuk mengubah tegangan listrik dari level menengah 20 kV menjadi tegangan rendah 400 V yang aman untuk digunakan

### D. Switchgear 20 kV Atau Panel MVMDP

Sebagai alat menghubungkan atau memutuskan distribusi listrik dan sebagai alat proteksi melindungi perangkat listrik lain ketika ada gangguan. Dapat disebut sebagai MVMDP) Merujuk pada sistem yang mengatur distribusi dan proteksi daya listrik pada tegangan menengah.[13] MVMDP lebih menekankan pada fungsi distribusi utama dari sistem, Switchgear umumnya terpasang di dalam ruangan untuk mengatur distribusi listrik pada suatu tempat, seperti terletak di bangunan khusus seperti gardu pasang dalam. Switchgear terbagi menjadi 3 jenis, yaitu Switchgear Tegangan Rendah (LV), Switchgear Tegangan Menengah (MV) dan Switchgear Tegangan Tinggi (HV). Berikut ini penjelasan masing masing jenis Switchgear.

1. Switchgear tegangan rendah sebuah sistem yang beroperasi pada tegangan di bawah 1 kV dan memainkan peran krusial sebagai pusat kendali serta proteksi dalam distribusi listrik. Sistem ini bekerja melalui tiga fungsi utama proteksi untuk melindungi peralatan dan manusia dari gangguan seperti arus berlebih dan hubung singkat,
2. *Switchgear* Tegangan Menengah (MV) ini beroperasi pada level tegangan menengah yang mencapai 36 kV. Beserta adanya peredam busur apinya (media minyak, vakum atau gas SF6). Dan juga *switchgear* tegangan

menengah ini telah dilengkapi dengan circuit Breaker (CB).

3. Switchgear tegangan tinggi memegang peran penting sebagai pengaman, pengisolasi, dan pelindung sirkuit. Komponen krusial ini dapat ditemukan di lokasi-lokasi vital seperti gardu induk, pembangkit listrik, dan jaringan transmisi dan distribusi

### E. Sistem Kelistrikan SPKLU

Sistem penyaluran instalasi listrik pada Stasiun Pengisian Kendaraan Listrik Umum yang dapat beroperasi secara berkesinambungan. Dengan sumber tegangan yang ada selalu mensuplai, instalasi pada Stasiun Pengisian Kendaraan Listrik Umum ini tidak boleh padam Pada sistem instalasi ini menggunakan dua sumber tenaga yaitu dari sisi PLN dan dari sisi genset.[14]

1. Jaringan Tegangan menengah milik PLN ini biasanya memiliki tegangan menengah (Medium Voltage), sekitar 20 kV yang akan disalurkan ke mvmdp.
2. Medium Voltage Main Distribution Panel (MVMDP): Listrik dari gardu PLN akan masuk ke panel ini. MVMDP berfungsi sebagai panel distribusi utama untuk tegangan menengah, mengendalikan dan melindungi sirkuit listrik sebelum diturunkan tegangannya.
3. Trafo Stepdown trafo ini bertugas menurunkan tegangan dari tegangan menengah (misalnya 20 kV) menjadi tegangan rendah (misalnya 380 V/220 V) yang aman dan sesuai untuk digunakan oleh peralatan listrik, seperti Electric Vehicle Charging (EVC).
4. Low Voltage Main Distribution Panel (LVMDP) Setelah tegangan diturunkan, listrik dialirkan ke LVMDP. Panel ini adalah panel distribusi utama untuk tegangan rendah. Dari sini, listrik akan didistribusikan ke berbagai sub-panel atau beban.
5. Genset dan Panel Genset Ini adalah sumber listrik cadangan yang digunakan saat listrik dari PLN terputus. Genset (Generator Set) akan menghasilkan listrik, yang kemudian dialirkan melalui Panel Genset. Panel ini berfungsi untuk mengontrol dan melindungi listrik yang dihasilkan oleh genset. Listrik dari panel ini akan terhubung ke sistem utama, biasanya melalui LVMDP atau SDP, untuk menjaga pasokan listrik tetap stabil.
6. Sub Distribution Panel (SDP) dari LVMDP, listrik dialirkan ke beberapa SDP. Panel ini adalah panel distribusi sekunder yang memecah sirkuit listrik menjadi sirkuit-sirkuit yang lebih kecil dan spesifik. Setiap SDP melayani sekelompok beban tertentu.
7. Electric Vehicle Charging (EVC) ini adalah beban akhir atau tujuan dari sistem distribusi ini. EVC adalah charger untuk kendaraan listrik. Masing-masing EVC menerima pasokan listrik dari SDP yang sesuai.

Secara ringkas, diagram ini menunjukkan alur listrik dari dua sumber (PLN dan genset) yang disalurkan melalui panel distribusi utama dan sub-panel, sebelum akhirnya digunakan untuk mengisi daya kendaraan listrik melalui EVC.

F. Arus Hubung Singkat

Nilai ISC merupakan tahapan fundamental dan krusial dalam perancangan sistem instalasi kelistrikan yang aman dan efisien. Penentuan nilai ISC ini tidak hanya sekadar perhitungan, melainkan menjadi dasar utama untuk menentukan spesifikasi dan rating berbagai komponen kunci dalam sistem. Secara spesifik, hasil perhitungan ISC sangat diperlukan untuk menentukan rating arus gangguan (switchgear) guna memastikan peralatan tersebut mampu menahan dan menginterupsi arus gangguan tanpa kerusakan, kemudian untuk menentukan rating pengaman termal kabel agar ukuran penampang kabel sesuai dan mampu menahan panas berlebih yang dihasilkan oleh arus hubung singkat. Serta untuk membantu penentuan dan pengaturan alat pengaman, memungkinkan perancangan skema proteksi yang selektif dan terkoordinasi. peralatan proteksi seperti circuit breaker dan HRC Fuse dirancang untuk mendeteksi lonjakan arus ini dan memutuskannya dalam hitungan milidetik. Kuat hantar arus pada MVMDP SPKLU dan besar penampang kabel yang menghubungkan MVMDP SPKLU ke jaringan tegangan menengah.

Penentuan dan pemilihan alat pengaman, memungkinkan perancangan skema proteksi yang selektif dan terkoordinasi. peralatan proteksi seperti circuit breaker dan HRC Fuse dirancang untuk mendeteksi lonjakan arus ini dan memutuskannya dalam hitungan milidetik. Kuat hantar arus pada MVMDP SPKLU dan besar penampang kabel yang menghubungkan MVMDP SPKLU ke jaringan tegangan menengah. Sebelum mencari arus nominal, tentukan jumlah daya pada suatu beban, untuk menentukan jumlah kapaasitas daya pada suatu beban menggunakan persamaan:[15]

$$S = \frac{P}{Pf} \tag{1}$$

Dengan,

S = Daya semu beban (VA)

P = Daya aktif beban (Watt)

Pf = Faktor Daya

Perhitungan pemutus arus (circuit breaker) pada LVMDP dimana beban di sisi sekunder transformator step down yang terhubung ke LVMDP dihitung dengan menggunakan rumusan berikut :

$$I_n = \frac{S \times 10^3}{VLL \times \sqrt{3}} \tag{2}$$

Dengan,

I = Arus (ampere)

S= Daya semu (volt ampere)

V = Tegangan (volt)

Untuk tujuan ini, perhitungan arus hubung singkat dilakukan menggunakan rumusan sebagai berikut:

$$I_{sc} = \frac{I_n \times 100}{U_{sc}} \tag{3}$$

Dengan,

S = Rating transformator (daya beban tersambung) (kVA)

VLL = Tegangan line to line (volt)

I<sub>n</sub> = Arus nominal (ampere)

I<sub>sc</sub> = Arus hubung singkat (ampere)

U<sub>sc</sub> = Impedansi tegangan transformator (%)

Tabel 1. Nilai Impedansi Trafo Merk Trafindo

Kapasitas (KVA)	Rugi-Rugi Tanpa Beban (P0) (watt)	Rugi Rugi Beban (Pcu)	Impedansi pada 75°C (%)
200	400	2600	4
250	600	3000	4
315	700	4000	4
400	900	4800	4
500	1000	5800	4
630	1250	6900	4
800	1600	9700	4,5
1000	1900	13000	5
1250	2000	17000	5,5
1600	2200	20500	6
2000	2600	26000	7

Tabel 1. menampilkan berbagai kapasitas transformator (dalam kVA) dari merek trafindo beserta dimensi perkiraan (panjang, lebar, dan tinggi dalam mm), rugi-rugi tanpa beban (No Load Losses atau P0 dalam Watt), rugi-rugi beban (Load Losses atau rugi rugi beban dalam Watt), dan nilai impedansi dalam persentase pada suhu 75°C. Data ini sangat penting dalam pemilihan, perencanaan, dan perhitungan teknis terkait instalasi transformator, terutama untuk memastikan kompatibilitas dan efisiensi sistem tenaga listrik. Impedansi adalah resistansi dan reaktansi total dari trafo. Nilai ini sangat penting untuk perhitungan arus hubung singkat dan stabilitas sistem. Impedansi yang lebih tinggi akan membatasi besarnya arus hubung singkat yang dapat mengalir, sehingga mengurangi stres pada peralatan proteksi dan konduktor. Sebaliknya, impedansi yang lebih rendah membuat trafo lebih efisien dalam regulasi tegangan dan stabilitas sistem. Nilai ini biasanya diukur dalam persentase, yang memungkinkan perbandingan yang mudah antar trafo dengan kapasitas yang berbeda.

Dalam perancangan sistem kelistrikan, pemilihan jenis kabel merupakan aspek krusial yang sangat bergantung pada tingkat tegangan operasional. Secara garis besar, kabel listrik dapat diklasifikasikan ke dalam beberapa tingkat tegangan utama. Kabel Tegangan Rendah, yang lazim digunakan, dirancang untuk mengalirkan arus pada tegangan di bawah 1 kV, dan umumnya ditemukan pada instalasi listrik domestik, komersial, maupun industri skala kecil. Sementara itu, Kabel Tegangan Menengah (Medium Voltase) memiliki kapasitas untuk beroperasi pada rentang tegangan 1 kV hingga 35 kV. Kabel jenis ini memegang peran vital dalam jaringan distribusi, menghubungkan gardu ke pelanggan skala besar atau pabrik. Meskipun demikian, terdapat klasifikasi tegangan yang lebih tinggi , seperti kabel tegangan ekstra tinggi High

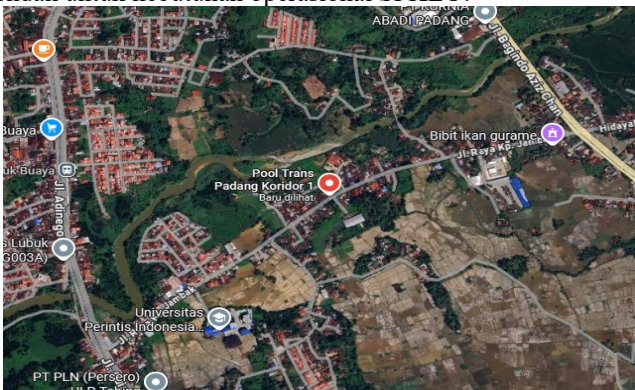
Extra Tegangan dan kabel tegangan ultra tinggi *High Ultra* Tegangan.

### III. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan pada SPKLU Trans Padang Koridor 1 yang berlokasi di Jalan Raya Kampung Jambak, Kota Padang. Objek penelitian berupa perencanaan Switchgear 20 kV atau MVMDP dapat disebut sebagai Panel Distribusi Utama Tegangan menengah merujuk pada sistem yang mengatur distribusi dan proteksi daya listrik pada tegangan menengah. Alat utama yang digunakan dalam penyusunan perencanaan adalah perangkat lunak AutoCAD untuk penyusunan single line diagram.

#### A. Lokasi Penelitian

SPKLU Trans Padang direncanakan dibangun pada Koridor 1, Jalan Raya Kampung Jambak, Kota Padang. Lokasi ini dipilih karena memiliki akses yang strategis terhadap rute operasional bus listrik Trans Padang serta kemudahan integrasi dengan jaringan listrik eksisting milik PLN. Sumber daya listrik di lokasi ini berasal dari jaringan distribusi tegangan menengah PLN sebesar 20 kV, yang akan diturunkan melalui gardu distribusi menuju sistem tegangan rendah untuk kebutuhan operasional SPKLU.

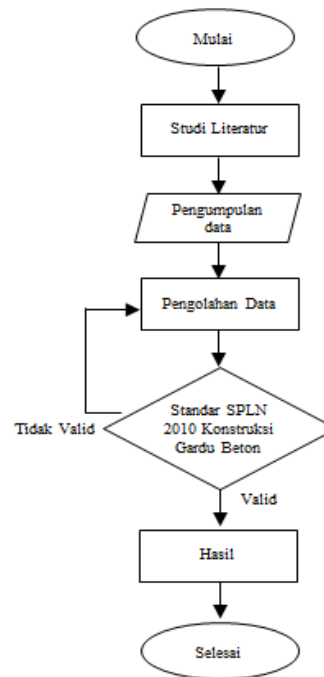


Gambar. 1 Lokasi koridor 1 Trans Padang

#### B. Tahap Penelitian

1. Desain Awal Ini adalah langkah pertama dalam perencanaan yang di mana membuat desain awal untuk sistem switchgear 20 kV untuk SPKLU. Dengan menentukan dan memilih komponen-komponen utama seperti transformator, panel, pemilihan kabel yang digunakan dan pemilihan proteksi yang dipakai pada sisi tegangan menengah atau panel switchgear pelanggan. Pemilihan ini didasarkan pada spesifikasi teknis yang diperlukan serta kebutuhan daya dari beban yang akan dilayani.
2. Perencanaan Teknis Setelah desain awal, Anda akan melanjutkan ke perencanaan teknis yang lebih detail. Ini termasuk pembuatan diagram satu garis (single-line diagram) yang menyederhanakan representasi sirkuit listrik.
3. Melakukan evaluasi untuk memastikan bahwa seluruh desain dan perencanaan teknis sudah sesuai dengan standar yang berlaku, seperti SPLN. Pada perencanaan ini SPLN yang digunakan SPLN 2010 Konstruksi Gardu Distribusi dan Gardu Hubung. Berdasarkan standar

SPLN 43-5, sebagai acuan untuk menentukan kabel tegangan menengah 12/20(24) kV Evaluasi ini krusial untuk menjamin keamanan, keandalan, dan efisiensi sistem sebelum implementasi.



Gambar. 2 Flowchart penelitian

Dengan mengumpulkan informasi terhadap kebutuhan daya spklu dan penentuan beban Kendaraan Lisriknya. Penentuan Beban Kendaraan Listrik Mengidentifikasi dan menentukan total beban listrik yang akan ditanggung oleh sistem, yang berasal dari kendaraan listrik. Dan ini penting untuk memastikan bahwa sistem yang dirancang memiliki kapasitas yang memadai dan menentukan lokasi fisik tempat bus dan SPKLU akan ditempatkan.

### IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil ini tentang kebutuhan elektrik yang akan dibangun disebuah Stasiun Pengisian Kendaraan Listrik Umum Perencanaan sistem kelistrikan merupakan acuan awal dalam perencanaan instalasi sistem tenaga listrik. Perencanaan sistem kelistrikan untuk SPKLU ini menjadi landasan utama dalam merancang instalasi kelistrikan yang akan dibangun. Rincian beban tersebut, sebagaimana disajikan dalam tabel, mencakup berbagai komponen vital untuk mendukung operasional SPKLU, sehingga memungkinkan estimasi kebutuhan daya yang sangat akurat. Mulai dari berapa banyak beban listrik yang dibutuhkan, jenis *switchgear* yang digunakan, dan Perencanaan gardu pasang dalam, sampai bagaimana cara memastikan listriknya aman dan terlindungi. Dengan kata lain, perencanaan yang matang ini tidak hanya menjamin penyediaan kebutuhan daya kendaraan listrik secara optimal, tetapi juga mendukung kelangsungan operasional SPKLU dengan tingkat keamanan dan kinerja yang tinggi.

Tabel 2. Beban EV charging

No	Deskripsi Beban	Beban (kW)
1.	EVC 1	50000
2.	EVC 2	50000
3.	EVC 3	50000
4.	EVC 4	50000
5.	EVC 5	50000
6.	EVC 6	50000
7.	EVC 7	50000
8.	EVC 8	50000

Berdasarkan Tabel di atas, menyajikan data beban pengisian kendaraan listrik (EV Charging) yang dirancang untuk delapan unit pengisi daya. Setiap unit, dari EVC 1 hingga EVC 8, memiliki beban terukur yang sama yaitu 50000 kW. Data ini merupakan komponen penting dalam analisis kebutuhan daya dan perencanaan infrastruktur untuk sistem pengisian kendaraan listrik.

Tabel 3. Beban office

No	Deskripsi Beban	Satuan	Daya (Watt)	Total Beban (Watt)
1.	Lampu Kantor	9	30	270
2.	Pc	5	250	1250
3.	AC 1 ½ Pk	2	1170	2340
4.	Stop kontak	4	300	1200
<b>Jumlah</b>				<b>5060</b>

Berdasarkan Tabel di atas, menyajikan rincian perkiraan beban daya listrik yang diperlukan untuk operasional kantor. Data ini dikelompokkan berdasarkan jenis peralatan atau fasilitas yang mengkonsumsi daya, meliputi Lampu Kantor, Personal Computer (PC), Air Conditioner (AC) dengan kapasitas 1 ½ Pk, dan stop kontak.

Tabel 4. Beban Bengkel

No	Deskripsi Beban	Satuan	Daya (Watt)	Total Beban (Watt)
1.	Kompresor Udara	1	250	750
2.	Lampu	14	30	420
3.	Mesin Las	1	450	450
4.	Stop kontak	4	300	1200
5.	Lampu Area koridor	7	50	350
6.	Lampu area spklu	11	30	330
<b>Jumlah</b>				<b>3500</b>

Tabel diatas ini menyajikan rincian estimasi beban daya listrik yang diperlukan untuk operasional bengkel. Data ini diklasifikasikan berdasarkan jenis peralatan dan pencahayaan yang mengkonsumsi daya, meliputi kompresor udara, lampu standar, mesin las, stop kontak, lampu area koridor, dan lampu area parkir kendaraan SPKLU. Untuk setiap item beban, tabel ini menguraikan jumlah satuan yang digunakan, nominal daya per unit dalam Watt, serta total beban daya yang dihasilkan oleh masing-masing kategori 3500 Watt. Data ini sangat penting dalam perhitungan total kebutuhan daya listrik dan merancang sistem instalasi kelistrikan yang efisien untuk fasilitas bengkel. Dalam penentuan bebannya bisa dinyatakan dalam perhitungan daya VA.

Dalam penentuan bebannya bisa dinyatakan dalam perhitungan daya VA. Untuk Pembangunan SPKLU 8 Unit EV Charging AC 50 kW adapun penentuan beban yang di rencanakan sebagai berikut:

1. Daya 8 unit EV Charging AC 50 kW

$$S = \frac{P}{pf}$$

$$S = \frac{50000 \times 8}{0,8}$$

$$S = 500000 \text{ VA}$$

$$= 500 \text{ kVA}$$

2. Daya untuk Office 5060 Watt

$$S = \frac{P}{pf}$$

$$S = \frac{5060}{0,8}$$

$$S = 6325 \text{ VA}$$

$$= 6,325 \text{ kVA}$$

3. Daya untuk Bengkel 3,5 kW

$$S = \frac{P}{pf}$$

$$S = \frac{3500}{0,8}$$

$$S = 4375 \text{ VA}$$

$$= 4,375 \text{ kVA}$$

$$\text{Total kebutuhan daya} = 500 \text{ kVA} + 6,325 \text{ kVA} + 4,375 \text{ kVA}$$

$$= 510,7 \text{ kVA}$$

Dari daftar perhitungan beban diatas maka dapat dihitung kebutuhan semua peralatan distribusi listrik ataupun gensetnya.

#### A. Perencanaan Transformator

Dari data kebutuhan daya pada pembangunan SPKLU, dapat direncanakan pemakaian transformator dengan daya transformator sebesar 800 KVA, dengan data-data berikut:

1. Tegangan Kerja = 380/3Ph/50Hz
2. Jumlah Daya = 510,7 kVA
3. Rencana kapasitas trafo = 800 kVA
4. Persentase pemakaian = 63%

Berdasarkan data kebutuhan daya untuk pembangunan Stasiun Pengisian Kendaraan Listrik Umum (SPKLU), direncanakan pemakaian transformator dengan kapasitas daya sebesar 800 kVA. Perencanaan ini didasarkan pada total daya terpasang sebesar 510,7 kVA pada tegangan kerja 380 V, 3 fase, 50 Hz. Dengan memilih transformator 800 kVA, tingkat pemakaiannya hanya sebesar 63% dari total kapasitas,

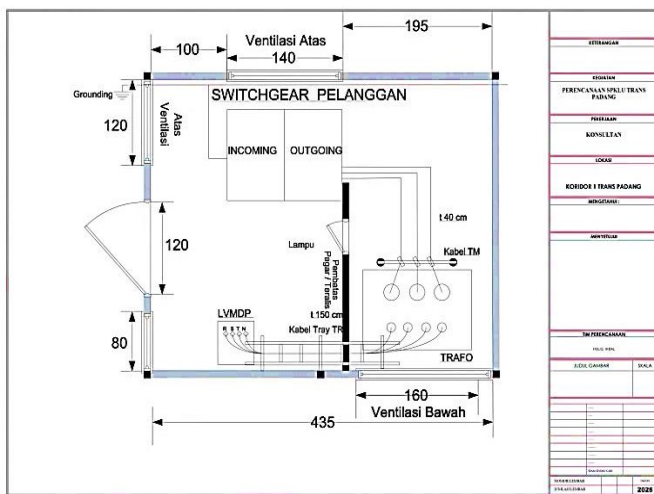


terlindungi dari faktor eksternal seperti cuaca buruk atau gangguan fisik. Aliran listrik dimulai ketika arus dari Jaringan Tegangan Menengah masuk ke panel MVMDP dan diterima oleh busbar *incoming*. Busbar dengan kapasitas 630 A ini berfungsi sebagai jalur utama untuk mendistribusikan listrik di dalam panel. Dari busbar, arus kemudian disalurkan ke kubikel *incoming*, di mana ia melewati Load Break Switch (LBS) 630 A dan Circuit Breaker (CB) 630 A.

LBS berfungsi sebagai sakelar untuk memutus dan menyambung aliran listrik secara manual, sementara CB adalah pengaman utama yang akan memutus arus secara otomatis jika terjadi gangguan seperti arus lebih atau hubung singkat. Setelah melewati proteksi di kubikel *incoming*, arus kembali ke busbar dan diteruskan ke MVMDP *outgoing*. Di dalam kubikel *outgoing*, arus kembali melewati LBS 630 A untuk kontrol dan Fuse 40 A untuk perlindungan tambahan. Fuse ini akan putus jika arus yang mengalir melebihi batas yang ditentukan, sehingga melindungi trafo dari kerusakan. Akhirnya, arus listrik keluar dari panel MVMDP menuju trafo step-down, di mana tegangannya akan diturunkan dari 20 kV ke tegangan yang lebih rendah.

**D. Perencanaan Di Dalam Gardu Pelanggan**

Gardu Beton Pelanggan, gardu ini berfungsi sebagai titik koneksi antara jaringan distribusi PLN 20 kV dengan sistem kelistrikan internal SPKLU. Di dalamnya terdapat beberapa komponen utama yang dirancang untuk menerima, mentransformasi, dan mendistribusikan daya listrik secara aman



Gambar 4. Layout gardu pelanggan

Di dalam gardu pelanggan terdapat beberapa komponen utama yang dirancang untuk menerima, mentransformasi, dan mendistribusikan daya listrik secara aman. Komponen-komponen tersebut meliputi:

1. Incoming dan outgoing panel berfungsi sebagai titik penerimaan daya dari jaringan PLN sekaligus sebagai isolator dan proteksi utama. Panel ini dilengkapi dengan LBS yang digunakan untuk menghubungkan atau memutuskan aliran listrik tegangan menengah 20 kV secara aman. Selain itu, terdapat CB yang berfungsi sebagai perangkat proteksi utama yang akan memutus sirkuit secara otomatis jika terjadi gangguan seperti arus

hubung singkat atau beban lebih. Panel ini juga dilengkapi dengan HRC Fuse yang merupakan perangkat proteksi cadangan yang sangat sensitif dan dirancang khusus untuk memutus arus gangguan yang sangat besar dengan cepat, sehingga melindungi transformator dari kerusakan parah.

2. Transformator Sesuai dengan perhitungan yang telah dilakukan, trafo berkapasitas 800 kVA adalah komponen inti yang bertugas menurunkan tegangan dari 20 kV menjadi tegangan rendah 400/230 V. Pemilihan kapasitas ini tidak hanya mempertimbangkan total beban yang dibutuhkan oleh delapan unit *EV Charging AC*, tetapi juga menyediakan cadangan daya untuk ekspansi di masa depan.
3. LVMDP ini adalah titik distribusi utama di sisi tegangan rendah. Setelah tegangan diturunkan oleh trafo, aliran daya masuk ke panel LVMDP. Di dalam panel ini, Air Circuit Breaker (ACB) LV berfungsi sebagai pengaman utama.

**E. Tahapan Perencanaan Sistem Kelistrikan SPKLU**

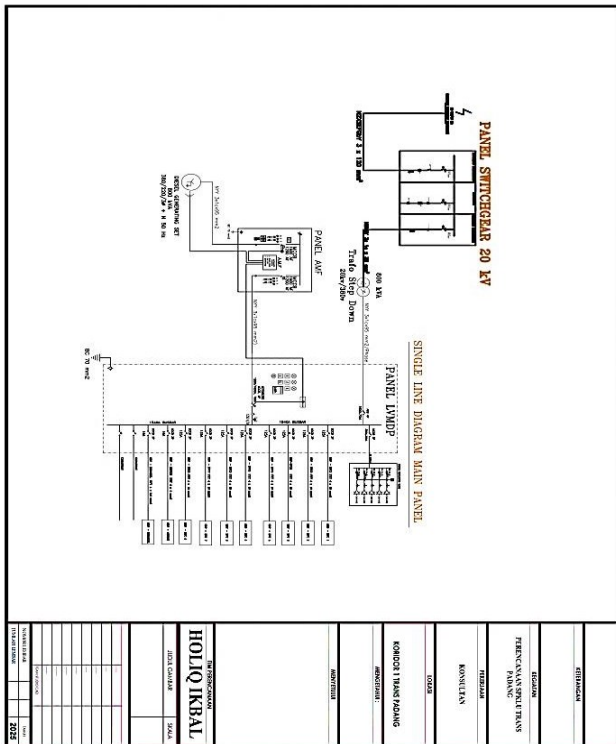
Penjelasan mendalam mengenai perencanaan *switchgear* 20 kV yang penting untuk pembangunan SPKLU Trans Padang. Tahap awal yang mendasar adalah perhitungan beban yang dibutuhkan oleh seluruh fasilitas di area SPKLU. Berdasarkan analisis yang telah dilakukan, beban tersebut mencakup 8 unit *EV pengisian AC*, serta beban tambahan dari area perkantoran dan bengkel. Hasil dari perhitungan beban ini menjadi dasar utama dalam menentukan kapasitas transformator yang akan digunakan. Dengan total kebutuhan daya sebesar 510,7 kVA, dipilih trafo berkapasitas 800 kVA. Pemilihan kapasitas ini memastikan bahwa transformator dapat melayani seluruh beban operasional SPKLU dengan tingkat pemakaian sekitar 63%, yang optimal untuk menjaga efisiensi dan kerahasiaan sistem dalam jangka panjang.

Perencanaan ini juga didasarkan pada Standar SPLN 2010 mengenai Konstruksi Gardu Distribusi dan Gardu Hubung. Dengan menyesuaikan kebutuhan SPKLU, peralatan utama seperti panel tegangan menengah, transformator, dan LVMDP akan ditempatkan di dalam gardu pelanggan yang dirancang sebagai instalasi *indoor*.

Perencanaan ini tidak sekedar perencanaan saja, namun juga memastikan bahwa sistem pada sisi tegangan menengah dapat melayani seluruh beban di area SPKLU. Lebih jauh lagi, hal ini mencakup pemilihan material pendukung seperti kabel penghantar berdasarkan standar SPLN 43-5, sebagai acuan untuk menentukan kabel tegangan menengah 12/20(24) kV. Sistem proteksi yang ada di dalam gardu pelanggan, yang dirancang sesuai dengan standar yang berlaku untuk menjamin operasional SPKLU berjalan aman dan efisien. Jadi perencanaan awal SPKLU pada sisi tegangan menengah dimulai dengan perhitungan total beban yang dibutuhkan.

Berdasarkan hasil perhitungan tersebut, lalu langkah selanjutnya adalah menentukan kapasitas peralatan pada *Switchgear* 20 kV dan memutuskan penggunaan gardu pasang dalam atau gardu pasang luar, yang dipilih berdasarkan kebutuhan spesifik area SPKLU. Secara keseluruhan, perencanaan awal SPKLU pada sisi tegangan menengah dimulai dari perhitungan total beban, diikuti dengan penentuan kapasitas peralatan pada *switchgear* 20 kV, dan diakhiri dengan keputusan apakah akan menggunakan gardu

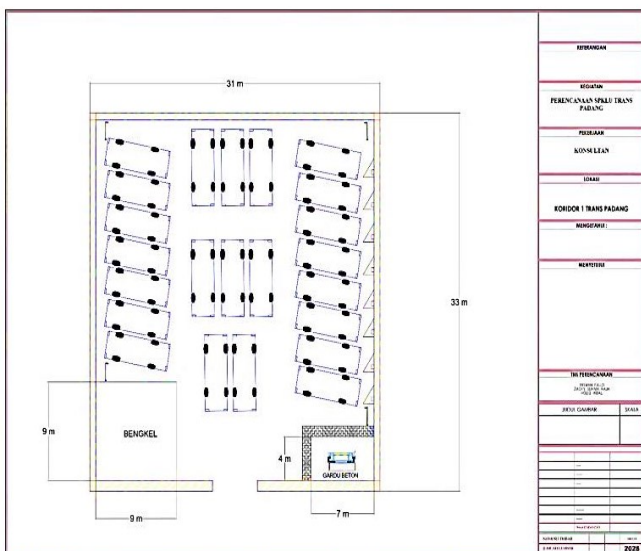
indoor atau outdoor sesuai dengan kebutuhan spesifik di area SPKLU.



Gambar 5. Single line diagram perencanaan SPKLU

F. Desain Perencanaan Denah Bus Trans Padang

Denah ini memberikan gambaran visual mengenai penempatan bus di area parkir, serta fasilitas-fasilitas pendukung lainnya seperti bengkel. Dengan melihat denah ini, dapat memahami bagaimana ruang dimanfaatkan untuk menampung armada bus dan bagaimana akses ke fasilitas pemeliharaan dirancang.



Gambar 6. Denah lokasi bus trans padang koridor 1

Denah perencanaan tata letak SPKLU pada Koridor 1. Perencanaan ini dirancang untuk mengoptimalkan efisiensi dan efisiensi operasional SPKLU dalam mendukung transisi armada bus Trans Padang menuju transportasi berkelanjutan.

Denah ini menunjukkan penataan area parkir dan titik-titik pengisian yang dirancang untuk menampung 23 unit bus listrik yang akan beroperasi di Koridor 1. Selain itu, gambar juga menampilkan lokasi gardu beton pelanggan dengan dimensi 4 meter x 7 meter, serta area bengkel dengan panjang 9 meter yang berfungsi sebagai fasilitas pendukung operasional dan pemeliharaan bus listrik. Seluruh dimensi dan elemen penempatan pada denah ini telah diperhitungkan secara cermat.

IV. KESIMPULAN

Dengan adanya perencanaan sistem switchgear 20 kV untuk SPKLU Trans Padang. Efisien dicapai melalui perencanaan yang matang, termasuk pemilihan trafo 800 kVA, untuk menjamin kelancaran operasional dan pasokan listrik yang stabil. Dengan demikian, proses pengisian daya bus listrik dapat berjalan secara optimal tanpa gangguan. Dan memastikan bahwa sistem distribusi listrik tidak hanya berfungsi dengan baik, tetapi juga aman untuk dioperasikan. Kebutuhan daya ini dapat dipenuhi dengan menggunakan transformator 800 kVA, dengan tingkat pemakaian optimal sekitar 63%. Serta penempatan peralatan utama seperti panel tegangan menengah, transformator, dan LVMDP di dalam gardu pelanggan (indoor).

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan dan kontribusi dalam penelitian ini.

REFERENSI

- [1] M. Hidayatullah and I. Ganiwa, "Ferroresonance Analysis Due to the Effect of External Faults on a 20 kV Voltage Transformer," *Int. J. Eng. Bus. Soc. Sci.*, vol. 1, no. 06, pp. 553–566, 2023, doi: 10.58451/ijebss.v1i06.93.
- [2] A. Sabrina and M. Hosseini, "Hybrid Charging Station for EV," no. 20524089, 2024, [Online]. Available: <https://dspace.uui.ac.id/handle/123456789/52181%0Ahttps://dspace.uui.ac.id/bitstream/handle/123456789/52181/20524131.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [3] Z. F. Rahman, *Transisi Energi: Hambatan Adopsi dan Nilai Simbolik Kendaraan Listrik*. 2023.
- [4] Y. Zheng, D. R. Keith, S. Wang, M. Diao, and J. Zhao, "Effects of electric vehicle charging stations on the economic vitality of local businesses," *Nat. Commun.*, vol. 15, no. 1, 2024, doi: 10.1038/s41467-024-51554-9.
- [5] P. Sinha, K. Paul, S. Deb, and S. Sachan, "Comprehensive Review Based on the Impact of Integrating Electric Vehicle and Renewable Energy Sources to the Grid," *Energies*, vol. 16, no. 6, 2023, doi: 10.3390/en16062924.
- [6] S. Sachan, S. Deb, S. N. Singh, P. P. Singh, and D. D. Sharma, "Planning and operation of EV charging stations by chicken swarm optimization driven heuristics," *Energy Convers. Econ.*, vol. 2, no. 2, pp. 91–99, 2021, doi: 10.1049/enc2.12030.
- [7] T. Chen *et al.*, "A Review on Electric Vehicle Charging Infrastructure Development in the UK," *J. Mod. Power Syst. Clean Energy*, vol. 8, no. 2, pp. 193–205, 2020, doi: 10.35833/MPCE.2018.000374.
- [8] L. Calearo, M. Marinelli, and C. Ziras, "A review of data sources for electric vehicle integration studies," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 151, no. December 2020, p. 111518, 2021, doi:

- 10.1016/j.rser.2021.111518.
- [9] R. S. Levinson and T. H. West, "Impact of public electric vehicle charging infrastructure," *Transp. Res. Part D Transp. Environ.*, vol. 64, no. October 2017, pp. 158–177, 2018, doi: 10.1016/j.trd.2017.10.006.
- [10] M. E. Kabir, C. Assi, H. Alameddine, J. Antoun, and J. Yan, "Demand aware deployment and expansion method for an electric vehicles fast charging network," *2019 IEEE Int. Conf. Commun. Control. Comput. Technol. Smart Grids, SmartGridComm 2019*, 2019, doi: 10.1109/SmartGridComm.2019.8909746.
- [11] A. Vassilopoulos, A. C. Drichoutis, R. M. Nayga, and P. Lazaridis, "Does the supplemental nutrition assistance program really increase obesity? The importance of accounting for misclassification errors," *J. Appl. Stat.*, vol. 45, no. 12, pp. 2269–2278, 2018, doi: 10.1080/02664763.2017.1414165.
- [12] S. Deb, K. Tammi, K. Kalita, and P. Mahanta, "Impact of electric vehicle charging station load on distribution network," *Energies*, vol. 11, no. 1, 2018, doi: 10.3390/en11010178.
- [13] A. Kamaludin, H. Prasetya, and Y. Nugroho, "Implementation of GOOSE for overcurrent relays with non-cascade scheme in medium voltage switchgear as breaker failure and busbar protection system," *Proceeding - 2nd Int. Conf. Technol. Policy Electr. Power Energy, ICT-PEP 2020*, vol. 3, pp. 179–182, 2020, doi: 10.1109/ICT-PEP50916.2020.9249907.
- [14] A. Patil and P. Shinde, "Prof. R.P. Onkare, 2 Prajakta kale, 3 Ankshumi Patil, 4 Prajakta Shinde, Manali Hakke Padmbhooshan Vasntrodada Patil Institute of Technology Budhgaon," vol. 19, no. 2, pp. 112–115, 2024.
- [15] Sugianto dan Mu'is, "Perencanaan Sistem Pendistribusian Energi Listrik Pada Proyek Pembangunan Apartemen," *Sinusoida*, vol. XIX, no. 2, pp. 69–77, 2017.