

Perancangan Modul Praktikum Catu Daya dan Tegangan Menengah pada Bengkel Tegangan Menengah Jurusan Teknik Elektro PNUP

Merdin Kasim ¹⁾, Sofyan ²⁾, Usman ³⁾

^{1,2,3} Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Ujung Pandang

¹Erdy.ph@gmail.com

Abstrak

Bengkel dan Laboratorium merupakan tempat yang mampu memfasilitasi beberapa kegiatan Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui proses pengembangan lembar kerja praktikum, mengetahui kelayakan dan mengetahui keefektifan lembar kerja praktikum kubikel tegangan menengah (*switchgear medium voltage* 20 kV) yang telah dibuat untuk mendukung pembelajaran pada mata kuliah Praktik Instalasi Listrik Industri. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode penelitian dan pengembangan (*research and development*). Hasil penelitian menunjukkan bahwa, proses pengembangan lembar kerja praktikum dilakukan dalam tiga tahapan utama yaitu menganalisis kebutuhan, perancangan dan membuat lembar kerja, serta pengujian. Hasil yang diperoleh dari perancangan modul ini adalah penggunaan lembar kerja praktikum yang dikembangkan efektif digunakan untuk mendukung pembelajaran pada mata kuliah Praktik Bengkel Tegangan Menengah kepada mahasiswa namun dapat disajikan dengan mudah menggunakan teknologi.

Keywords: Bengkel, Kubikel Tegangan Menengah, Modul praktikum

I. PENDAHULUAN

Sektor pendidikan adalah salah satu sektor yang memiliki kedudukan yang sangat penting. Keberhasilan suatu pendidikan dapat ditentukan oleh beberapa komponen penting antara lain, dosen sebagai tenaga pengajar dalam menyampaikan semua materi pelajaran baik yang bersifat teori maupun yang bersifat praktis. Komponen yang lainnya adalah mahasiswa yang berperan sebagai peserta didik dan memiliki kewajiban mampu menangkap semua materi yang diberikan oleh dosen. Selain itu, komponen yang tidak kalah penting yaitu media pembelajaran yang dapat membantu peserta didik untuk menyerap materi yang disampaikan. Salah satu cara untuk membantu peserta didik dalam menyerap materi yang bersifat teori yang disampaikan dosen adalah dengan cara praktikum.

Bengkel dan Laboratorium merupakan tempat yang mampu memfasilitasi beberapa kegiatan praktikum lembaga pendidikan. Pembangunan bengkel dan laboratorium disadari oleh kenyataan bahwa beberapa topik mata pelajaran atau kuliah tidak dapat dipaparkan secara mudah kepada mahasiswa namun dapat disajikan dengan mudah menggunakan teknologi. Bengkel dan Laboratorium dapat digambarkan berisi peralatan-peralatan atau teknologi yang dapat mendukung mata pelajaran atau kuliah yang dipaparkan secara teori saja.

Bengkel laboratorium catu daya dan tegangan menengah yang ada saat ini sudah ketinggalan teknologi atau sudah tidak relevan lagi dengan yang digunakan didunia kerja sehingga perlu adanya pembahasan peralatan.

II. KAJIAN LITERATUR

A. Kubikel Tegangan Menengah 20 kV

Pada dasarnya instalasi 20 kV terangkai dalam suatu kubikel, yang dimaksudkan untuk memudahkan operasi dan pemeliharaan, efisiensi pengaturan ruangan serta untuk keamanan pengguna.

Berdasarkan fungsi dan penempatannya, kubikel TM 20 kV antara lain :

- Kubikel *Incoming* berfungsi sebagai penghubung dari sisi sekunder trafo daya ke busbar 20 kV
- Kubikel *Outgoing* : sebagai penghubung atau penyalur dari busbar ke beban
- Kubikel Pemakaian sendiri (Trafo PS) : sebagai penghubung dari busbar ke beban pemakaian sendiri GI
- Kubikel Kopel (bus kopling); sebagai penghubung antara rel 1 dan rel 2
- Kubikel PT atau LA: sebagai sarana pengukuran dan proteksi penganaman terhadap surja.
- Kubikel bus riser atau *bus tie (interface)*: sebagai penghubung antar sel.

Kubikel merupakan suatu sistem yang bekerja sebagai satu kesatuan utuh dari beberapa peralatan sebagai berikut:

- Trafo Arus (CT) dan atau Trafo Tegangan (PT)
- Relai proteksi dan peralatan pendukung (auxilliary, DFR, dll)
- Pemutus tenaga (PMT)
- Catu daya
- Pengawatan

Oleh karena itu, dalam mendesain modul praktek harus melihat spesifikasi dan unjuk kerja semua peralatan

secara utuh, bukan hanya mengevaluasi koordinasi setting relainya saja.

B. Trafo Arus (Current Transformer / CT)

Trafo Arus (*Current Transformer* atau disingkat CT) merupakan peralatan yang berfungsi untuk mentransformasi besaran arus dari nilai primernya (sisi *High Voltage*) ke nilai sekunder (sisi *Low Voltage*). Arus dalam nilai sekunder ini menjadi input bagi relai proteksi atau peralatan pengukuran. CT sekaligus berfungsi sebagai pengisolasi atau pemisah sisi HV dengan sisi LV.

C. Trafo Tegangan (Potential Transformer / PT)

Trafo Tegangan (*Potential Transformer* disingkat PT) merupakan peralatan yang berfungsi untuk mentransformasi besaran tegangan dari nilai primernya (sisi *High Voltage*) ke nilai sekunder (sisi *Low Voltage*). Tegangan dalam nilai sekunder ini menjadi input bagi relai proteksi atau peralatan pengukuran. PT sekaligus berfungsi sebagai pengisolasi atau pemisah sisi HV dengan sisi LV. Tegangan dari PT dibutuhkan bila relai arus lebih yang digunakan adalah jenis berarah (*Directional OCR*), sedangkan OCR *non-directional* hanya memerlukan arus dari CT saja.

PT pada kubikel tegangan menengah biasanya digunakan sekaligus untuk keperluan pengukuran dan proteksi. Rasio PT yang banyak digunakan adalah $20.000 / 100$ Volt, atau $20.000 / \sqrt{3} / 100 / \sqrt{3}$ Volt. Berkebalikan dengan CT, apabila sisi LV PT tidak dihubungkan ke peralatan sekunder maka terminalnya tidak boleh dihubungkan singkat (*jumper*), melainkan harus dibiarkan tetap terbuka. Hal penting yang perlu diperhatikan untuk PT adalah ketepatan rasio sesuai nominal tegangan masukan relai, serta burdennya juga harus mencukupi.

D. Relai Proteksi

Relai merupakan *processor* atau otaknya suatu sistem proteksi, yang akan menerima besaran-besaran arus dan atau tegangan masukan dari CT/PT, kemudian mengolah dan membandingkannya dengan nilai setting yang telah ditetapkan, untuk selanjutnya mengeluarkan perintah membuka (*trip*) pada PMT apabila nilai besaran yang terdeteksi mencapai nilai setting.

Relai proteksi terdiri dari relai utama, dan ada juga yang dilengkapi relai bantu (*auxiliary relay*) serta peralatan penunjang lainnya seperti timer, alat perekam gangguan (*Disturbance Fault Recorder / DFR*). Untuk proteksi arus hubung singkat pada penyulang tegangan menengah umumnya digunakan relai arus lebih (OCR / GFR).

Relai arus lebih ada yang tipe mekanik, elektronik atau numerik/digital. Relai ini ada yang *compact* dimana ketiga fasa terdapat pada satu fisik relai, bahkan elemen *ground fault*-nya juga *embedded*, tapi ada juga yang independen satu fasa pada satu fisik relai. OCR dapat digunakan dua atau tiga fasa.

E. Pemutus Tenaga (Circuit Breaker)

Circuit Breaker atau yang biasa disebut pemutus tenaga (PMT) adalah sakelar yang dapat digunakan untuk menghubungkan atau memutuskan arus atau daya listrik

sesuai ratingnya. Pada waktu memutuskan atau menghubungkan arus atau daya listrik akan terjadi busur api listrik. Pemadaman busur api listrik ini dapat dilakukan oleh beberapa macam bahan antara lain, minyak, udara dan gas.

F. Pemisah dan Pemisah Tanah (Disconnecter and Grounding)

Pemisah (*disconnecter*) berfungsi untuk memisahkan peralatan yang akan dipelihara agar terlihat secara visual bahwa peralatan yang akan dipelihara sudah terpisah dari bagian yang bertegangan, sehingga aman bagi petugas terhadap tegangan dari luar peralatan tersebut. Lengan kontak PMT 20 kV pada kubikel disisi kabel dan di sisi rel, berfungsi sebagai pemisah, dimana untuk memisahkannya dilakukan dengan cara mengeluarkan PMT dari kubikel tersebut atau diposisikan test. Pemisah (*grounding*) tanah berfungsi untuk pengamanan petugas yang akan bekerja, agar aman terhadap tegangan sisa dan tegangan induksi. Pemisah tanah pada kubikel adalah mentanahkan di sisi kabel, sedangkan untuk mentanahkan di sisi busbar (rel) harus dilakukan secara lokal melalui *grounding* fleksibel atau melalui pentanahan model dorong. Pemisah tanah sisi kabel mempunyai kecepatan masuk yang tinggi, agar jika pemisah tanah dimasukkan dan membuang muatan listrik karena ada muatan sisa atau ada induksi tidak membahayakan sistem. Pemisah tanah ini dioperasikan dari depan panel dan *interlock* dengan pemutus tenaga (PMT).

III. METODE PENELITIAN

A. Prosedur Perancangan.

Perancangan dilakukan di Kampus Politeknik Negeri Ujung Pandang. Dengan waktu Pembuatan Perancangan Modul Praktek Catu Daya dan Tegangan Menengah ini selama 3 bulan mulai dari bulan Januari 2021 sampai dengan waktu yang ditentukan.



Gambar 1. Flowchart prosedur rancang bangun

B. Perancangan Hardware

Prosedur perancangan merupakan tahapan untuk merancang rangkaian yang dibutuhkan dalam pembuatan alat monitoring. Proses perancangan dan pembuatan Modul Catu daya dan tegangan menengah melalui beberapa studi sebagai berikut :

1. Studi Literatur

Studi literatur ini berupa studi pencarian referensi melalui buku – buku, penelusuran internet tentang permasalahan yang berkaitan dengan tugas akhir. Pengambilan dan pengumpulan data-data serta dasar teori yang digunakan sebagai acuan dalam penyelesaian tugas akhir antara lain: prinsip Kubikel 20 Kv. Relay Sepam dan teori lainnya yang terkait dalam penyelesaian proyek akhir ini.

2. Prosedur Perancangan modul Praktek

Prosedur perancangan merupakan tahapan untuk merancang rangkaian yang dibutuhkan dalam pembuatan Modul Praktek Tegangan Menengah sehingga pada tahap ini perlu dipersiapkan komponen-komponen yang menyusun *hal* tersebut DC.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pelaksanaan Perancangan Modul Praktek dilaksanakan di bengkel Tegangan Menengah Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Ujung Pandang, Sebagai berikut :

1. Pembongkaran kubikel eksisting.



Gambar 2. Proses pembongkaran kubikel lama

2. Pemasangan kubikel 20 kV, dengan tahap sebagai berikut :

- Mengatur posisi Outgoing dan Incoming kubikel.
- Berikutnya memasang rel/ busbar kubikel 20 kV agar kubikel incoming dan outgoing menyatu.
- selanjutnya wiring Kabel CT dan VT serta busbar di bagian CT *compartement*.
- Kemudian memasang (Meter Acuvim II, Relay Sepam T20 dan Relay Micom P220)
- Langkah berikutnya yaitu memasang *grounding* / pembumian pada kubikel.
- Setelah semua komponen selesai dipasang bersihkan kubikel dari sampah seperti potongan

kabel maupun baut atau mur serta debu yang ada pada kubikel Setelah itu memasang cover kubikel dan pintu kubikel.



Gambar 3. Wiring CT dan PT



Gambar 4. Proses pemasangan Meter, Relay SEPAM dan Relay Micom



Gambar 5. Hasil Akhir Pemasangan Kubikel 20 Kv

A. Pengujian Peralatan

Fungsi penting dari pengujian peralatan pada pengoperasian kubikel 20 KV adalah untuk mengetahui nilai yang telah ditentukan sebagai batasan laik atau tidaknya kubikel 20 KV dioperasikan.

Bila kubikel dioperasikan tidak sesuai dengan nilai yang dimaksud, maka selain akan menyebabkan terjadinya gangguan operasi sistem yang dapat mengakibatkan kerusakan peralatan dan secara ekonomis hal ini berarti kerugian, tetapi bahaya kecelakaan dapat terjadi terhadap personil akibat terkena sengatan listrik, kebakaran maupun ledakan. Adapun pengujian yang dimaksud adalah :

A.1 Pengujian Mekanik kubikel

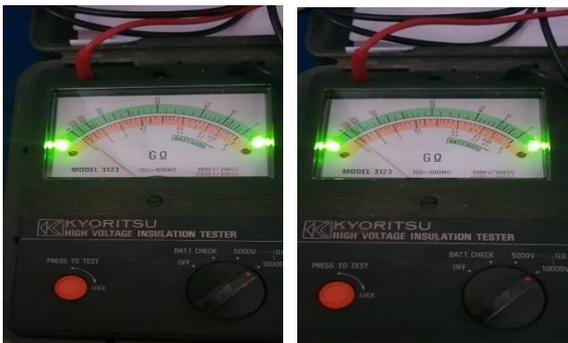
Pengujian ini bertujuan untuk memastikan seluruh mekanik dari PMT (permutus tenaga), DS (disconnecting switch) dan CB (circuit breaker) bekerja dengan baik.



Gambar 6. Pengujian mekanik kubikel

A. 2. Pengujian Tahanan Tembus

Untuk instalasi tegangan menengah digunakan Meger dengan batas ukur Mega sampai Giga Ohm dan tegangan alat ukur antara 5.000 sampai dengan 10.000 Volt arus searah. Hasil Pengujian pada skala 10000 volt. Hasil injeksi tegangan berada diatas 200 G ohm. Yang menandakan tegangan tembus masi baik untuk dioperasikan



Gambar 7. Hasil uji tahanan isolasi

A.3 Pengujian Relay

Fungsi pengujian Relay adalah untuk Mengetahui beberapa parameter seperti besar arus, tegangan yang melalui kubikel dan menentukan besar setting arus dan waktu untuk pengaturan proteksinya.



Gambar 8. Pengujian Relay dan metering

A. 4 Pengujian CT dan PT

Pengujian CT dan PT dilakukan untuk memeriksa apakah karakteristik / unjuk kerja dari masing - masing peralatan yang terpasang di kubikel, memenuhi standar /

spesifikasi pabrik pembuatnya, setelah peralatan tersebut terpasang.

LAPORAN :

Telah dilaksanakan pengujian dan resetting Proteksi OCR dan GFR Kubikel dengan hasil sebagai berikut :

HASIL PENGUJIAN PROTEKSI

Hari : Kamis
Tanggal : 27 Agustus 2021
Lokasi : Bengkel Tegangan Menengah Politeknik Negeri Ujung Pandang

PANEL	Kubikel Schneider			
MERK	Sepam			
TYPE	S20			
CT	25-50/5			
PICK UP	DROP OFF	KARAKTERISTIK OCR	KARAKTERISTIK GFR	KETERANGAN
OK	NOK	OK	OK	

Gambar 9. Hasil Pengujian Relay

Hasil Pengujian dengan injeksi tegangan 10 va dengan $\cos \pi 0,8$ didapatkan nilai error CT sebesar 0.072 pada beban 100 % dan 0.080 pada beban 120 %.

Tabel 1. Hasil Pengujian dengan injeksi tegangan 10 va dengan $\cos \pi 0,8$

Nominal Burden VA/cos π	Current ratio error in 100 % rated current	Current ratio error in 120 % rated current
10.00/0.80	0.072	0.080
5.00/0.80	0.107	0.110
2.50/1.00	0.146	0.244



Gambar 10. Pengujian CT dan PT

B. Pengembangan Lembar kerja modul praktikum

Pengembangan lembar kerja pratikum kubikel tegangan menengah dapat diuraikan sebagai berikut:

B.1 Pengumpulan informasi awal (information collecting)

Pengumpulan informasi awal merupakan langkah identifikasi permasalahan serta pengumpulan data dan persiapan untuk merumuskan kerangka kerja penelitian. Adapun identifikasi dan pengumpulan data awal yaitu dilakukan dengan pengamatan pada bengkel Tegangan menengah kampus 1 Jurusan Teknik Elektro. Kurangnya pengetahuan serta pemahaman mahasiswa tentang kubikel tegangan menengah 20 KV dan cara pengaturan proteksinya merupakan permasalahan yang dapat diamati setelah mahasiswa mempelajari mata kuliah tersebut. Kegiatan belajar mahasiswa hanya bergantung pada saat jam perkuliahan dilaksanakan serta di luar jam tersebut belajar secara mandiri dilaksanakan jika hanya tugas saja.

B.2 Perencanaan (Planning)

Berdasarkan dari beberapa hasil yang telah didapat dan informasi yang telah dibahas, didapatkan identifikasi kebutuhan. Kebutuhan tersebut berupa suatu bahan ajar yang dapat dipelajari oleh mahasiswa secara mandiri yaitu berupa lembar kerja praktikum kubikel tegangan menengah (*switchgear medium voltage* 20 KV). Hal yang dipertimbangkan dalam penyusunan bahan ajar berupa lembar kerja praktikum kubikel tegangan menengah (*switchgear medium voltage* 20 KV) yaitu pertama, lembar kerja praktikum diupayakan lengkap artinya bahan ajar memuat informasi dan tugas secara lengkap. Kedua, lembar kerja praktikum yang dikembangkan dirancang sedemikian rupa dengan menggunakan bahasa yang mudah dicerna agar mahasiswa dapat memahami isi materi secara mandiri. Ketiga, kelengkapan materi disesuaikan dengan materi yang terangkum dalam silabus Praktik Instalasi Listrik Industri yaitu terdiri dari 3 standar kompetensi yaitu:

1. Menguasai dan mampu mengoperasikan unit kubikel.
2. Menguasai dan menyeting rele proteksi pada unit kubikel.
3. Menggunakan alat injeksi arus untuk simulasi proteksi kubikel.

B.3 Pengembangan format lembar kerja praktikum

Bahan ajar lembar kerja praktikum kubikel tegangan menengah (*switchgear medium voltage* 20 KV) disusun berdasarkan prinsip-prinsip pengembangan model bahan ajar. Prinsip pengembangan tersebut berdasarkan kajian teoritik, identifikasi kebutuhan, penelitian dan pengumpulan informasi awal, serta berdasarkan silabus dan Rencana Pelaksanaan Pembelajaran (RPP).

Bahan ajar yang dibuat adalah lembar kerja praktikum kubikel tegangan menengah (*switchgear medium voltage* 20 KV) untuk mahasiswa yang menempuh mata kuliah Praktik tegangan menengah. Lembar kerja praktikum ini diberi judul sesuai dengan pokok bahasan yaitu "Lembar Kerja Praktikum Kubikel Tegangan Menengah (*Switchgear Medium Voltage* 20 KV).

V. KESIMPULAN

Dari hasil Perancangan dan pengembangan yang telah dilakukan maka dapat ditarik suatu kesimpulan sebagai berikut:

1. Setelah dilakukan beberapa pengujian :
 - Pengujian Mekanik secara manual pemutar handle LBS dan tombol dengan hasil uji beroperasi normal dan tidak ada kemacetan.
 - Pengujian Tahanan Tembus menggunakan alat *High voltage insulation tester* merek Megger pada skala pengujian 1000 V dengan hasil diatas 200 G Ohm.
 - Pengujian *Relay* proteksi dengan hasil pengujian parameter Over current relay (OK) dan Ground fault relay (OK) dapat beroperasi normal.
 - Pengujian CT dan PT menggunakan CT Analyzer merk Omicron dengan hasil injeksi 10 va dengan

$\cos \pi$ 0,8 didapatkan nilai error CT sebesar 0.072 pada beban 100 % dan 0.080 pada beban 120 % .

Sehingga dapat dinyatakan kubikel 20 Kv ini layak dan siap untuk dioperasikan.

2. SOP Pengoperasian kubikel sesuai SPLN D3.020-1: 2019 tentang perangkat hubung bagi tegangan menengah, harus dilaksanakan agar meminimalisir terjadinya kesalahan yang mengakibatkan gangguan dan kerusakan pada peralatan serta kecelakaan kerja.

REFERENSI

- 1) Merlin Gerin, Protection Guide. Jakarta : Schneider Electric, 2003.
- 2) Merlin Gerin, Electrical Network Protection Sepam Seies 20, Jakarta : Schneider, 2003.
- 3) PT. PLN (Persero), *Diktat Pelaksanaan Uji Relai Proteksi Modul I*. Semarang : Unit Pendidikan Dan Pelatihan PT. PLN (Persero), 1997.
- 4) PT PLN (Persero), Buku 4. Standar Konstruksi Gardu Hubung, 2010.
- 5) PT PLN (Persero), Buku analisa sistem proteksi, 2015.