

Strategi Asesmen Diagnostik pada Proses *Commissioning* Transformator Tipe 20kV 630kVA di Fakultas Kedokteran, Universitas Syiah Kuala

Yuwaldi Away^{1*}, Rizal Munadi¹, Mahmuddin², Muslimsyah³, Safrizal¹, Fathurrahman¹, Zichri¹, Andri Novandri¹

1 Department of Electrical Engineering, Universitas Syiah Kuala, Darussalam, Banda Aceh 23111, Indonesia
email: yuwaldi@usk.ac.id, rizal.munadi@usk.ac.id, safrizal.razali@usk.ac.id, fathurrahman@usk.ac.id, zichri@spectrumgr.com, andrie.nov11@gmail.com

2 Department of Civil Engineering, Universitas Syiah Kuala, Darussalam, Banda Aceh 23111, Indonesia
email: mahmuddin@usk.ac.id

3 Department of Architecture, Universitas Syiah Kuala, Darussalam, Banda Aceh 23111, Indonesia
email: muslimsyah@usk.ac.id

* Penulis Korespondensi: E-mail: yuwaldi@usk.ac.id

Article History:

Received: 19 January 2024

Revised: 27 February 2024

Accepted: 27 February 2024

Keywords: Diagnostik,
Commissioning,
Transformator

Abstract: Proses *commissioning* transformator adalah tahap pemeriksaan untuk memastikan operasional yang optimal pada transformator sebagai sistem kelistrikan. Sebelum melakukan *commissioning*, terdapat tahap *pra-commissioning*. Tahapan *pra-commissioning* melibatkan pemeriksaan dari berbagai aspek. Sementara itu, tahapan *commissioning* mencakup pemeriksaan tahanan isolasi, sambungan lead, level minyak, dan peralatan pengaman. Pemasangan kabel dan pentanahan dilakukan untuk keamanan dan stabilitas. Proses ini dilakukan di Fakultas Kedokteran, Universitas Syiah Kuala untuk menjaga pasokan listrik, mendukung kegiatan medis, dan proyek penelitian. Kolaborasi antara produsen, vendor, dan petugas pelaksana yang terlibat, dalam menjalankan asesmen diagnostik sebelum diintegrasikan ke jaringan listrik PLN. Hasil *commissioning* yang menunjukkan hasil yang sangat baik dari hasil pemeriksaan pada berbagai aspek, termasuk kelistrikan, mekanikal, sipil, aspek sains bangunan, aspek pendinginan, aspek pemantauan dan aspek keamanan. Dengan demikian, proses asesmen diagnostik pada proses *commissioning* transformator tidak hanya menjamin kualitas operasional transformator secara elektrik, tetapi juga memastikan integrasi yang efisien dalam lingkungan fisik dan infrastruktur untuk mendukung operasional yang keberlanjutan.

1. Pendahuluan

Dalam menjalankan fungsinya sebagai pusat pendidikan, penelitian, dan pelayanan kesehatan, Fakultas Kedokteran menjadi satu bagian yang sangat tergantung pada pasokan listrik yang stabil dan andal. Kebutuhan akan daya listrik menjadi kunci dalam menunjang kegiatan sehari-hari, mulai dari pengoperasian peralatan medis hingga mendukung proyek penelitian (Chandrasena et al., 2016). Oleh karena itu, pasokan kebutuhan energi listrik bukanlah sekadar keinginan, melainkan suatu keharusan untuk memastikan keberlanjutan operasional dan kontribusi Fakultas Kedokteran dalam memajukan ilmu kedokteran dan kesehatan. Dalam menghadapi tuntutan tersebut, Fakultas Kedokteran, Universitas Syiah Kuala (USK) menegaskan perlunya pemasangan transformator dengan tipe 20kV 630 kVA sebagai fondasi utama untuk memasok daya listrik dari PLN. Maka dari itu, perlu dilakukan proses *commissioning* secara teliti untuk memastikan transformator berfungsi sesuai spesifikasi dan dapat diintegrasikan dengan sistem listrik fakultas secara optimal (Bowen, 1998).

Proses *commissioning* merupakan pengujian menyeluruh terhadap berbagai aspek termasuk tegangan, isolasi, dan perlengkapan proteksi yang dilakukan sesuai prosedur dan kriteria yang telah ditetapkan sesuai standar (Ruiz et al., 2006; Y.S.Han et al., 2004). Proses *commissioning* transformator adalah bagian penting dalam memastikan bahwa peralatan ini tidak hanya terpasang dengan benar, tetapi juga beroperasi sesuai yang diharapkan (Dispatch, 2015; Khelifi Touhami Mohamed Yakoub & Ibrahim, 2022). Selain itu, perlu dilakukan asesmen diagnostik untuk memverifikasi fungsionalitas dasar yang memengaruhi kinerja transformator. Asesmen diagnostik melibatkan berbagai aspek analisis tentang kondisi operasional transformator (Jauch, 2007). Melalui serangkaian pengujian, pengukuran, dan evaluasi yang teliti, proses *commissioning* bertujuan untuk memastikan bahwa transformator tersebut tidak hanya berfungsi optimal, tetapi juga aman serta siap mendukung kebutuhan kritis Fakultas Kedokteran. Beberapa pihak yang terlibat, seperti PT. Trafoindo Prima Perkasa sebagai produsen transformator, PT. Kuala Daya Sejati sebagai vendor, dan Zain Teknologi Energi sebagai petugas pelaksana, memiliki pedoman baku dalam melaksanakan proses *commissioning* transformator tersebut. Proses *commissioning* transformator dilakukan di Fakultas Kedokteran, Universitas Syiah Kuala pada hari Kamis, tanggal 4 Januari 2024.

Proses *commissioning* menjadi landasan yang vital untuk memvalidasi kinerja optimal dari transformator tersebut sebelum diintegrasikan ke dalam infrastruktur listrik fakultas. Dengan melakukan proses *commissioning* dan asesmen diagnostik, Fakultas Kedokteran USK sebagai calon pemilik transformator, dapat memastikan bahwa transformator tidak hanya terpasang dengan benar, tetapi juga beroperasi secara efisien dan dapat diandalkan dalam mendukung kegiatan fakultas. Dengan demikian, proses ini menjadi langkah penting untuk menjamin operasional yang stabil, aman, dan efisien sekaligus melindungi peralatan medis serta mendukung penelitian yang bertanggung jawab di Fakultas Kedokteran USK.

2. Metode Pelaksanaan Kegiatan

Strategi asesmen diagnostik pada proses *commissioning* transformator memerlukan pemahaman terhadap berbagai aspek yang perlu diperiksa dan dinilai untuk memastikan transformator beroperasi dengan optimal dan aman. Berbagai aspek dalam strategi asesmen ditunjukkan pada Tabel 1. Berdasarkan parameter pemeriksaan, aspek kelistrikan menjadi fokus utama, meliputi pengkabelan, tahanan isolasi, *grounding*, dan pengecekan kondisi transformator. Pengkabelan yang tepat dan kondisi isolasi yang baik menjadi faktor penting untuk memastikan aliran listrik yang stabil dan perlindungan terhadap gangguan. Selain itu, sitem *grounding* yang baik juga penting untuk keamanan sistem (Wahyudi Widiatmika et al., 2018). Aspek sipil mengacu pada kedudukan dan pondasi transformator. Pemeriksaan terhadap kekokohan kedudukan dan kualitas pondasi transformator sangat penting untuk menjaga kestabilan dan keamanan fisik. Aspek mekanikal, khususnya getaran transformator, memerlukan evaluasi getaran yang mungkin terjadi pada komponen-komponen mekanis untuk memastikan tidak adanya kegagalan mekanis yang dapat mempengaruhi performa transformator. Aspek sains bangunan, seperti sirkulasi udara dan termal, berkaitan dengan lingkungan fisik di sekitar transformator. Sirkulasi udara yang baik dan pengelolaan termal yang efisien membantu mencegah penumpukan panas berlebih yang dapat memengaruhi performa transformator. Aspek pendinginan melibatkan pengecekan kondisi minyak transformator yang mengatur suhu dan mendinginkan komponen-komponen utama. Aspek ini sangat penting karena suhu transformator yang terkendali akan mendukung operasi yang stabil. Aspek pemantauan termasuk kotak panel dan sensor-sensor seperti suhu, tekanan, dan gas. Pemantauan yang baik akan memungkinkan deteksi dini terhadap masalah yang mungkin terjadi, memungkinkan tindakan pencegahan sebelum masalah menjadi serius. Terakhir, aspek keamanan yang melibatkan pagar, *relay buchholz*, *lightning arrester*, dan *fuse cut out* menjadi prioritas untuk memastikan perlindungan transformator dari gangguan eksternal dan meminimalkan risiko kegagalan dalam sistem. Strategi asesmen diagnostik ini merupakan panduan penting untuk memastikan transformator beroperasi dengan efisiensi, serta meminimalkan risiko gangguan dan kegagalan dalam jaringan listrik (Anugrah et al., 2020; Hermawan et al., 2023).

Tabel. 1 Strategi Asesmen Diagnostik

No.	Parameter	Keterangan
1.	Aspek Kelistrikan	Pengkabelan, tahanan isolasi, <i>grounding</i> , dan pengecekan kondisi <i>transformator</i>
2.	Aspek Sipil	Dudukan dan pondasi <i>transformator</i>
3.	Aspek Mekanikal	Getaran <i>transformator</i>
4.	Aspek Sains Bangunan	Sirkulasi udara dan termal
5.	Aspek Pendinginan	Minyak <i>transformator</i>

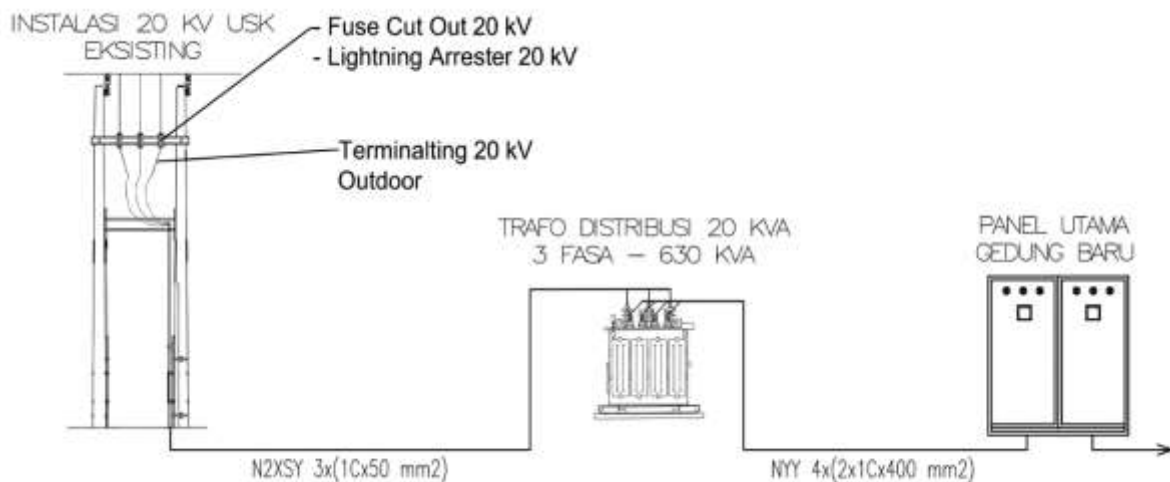
6. Aspek Pemantauan	Kotak panel, sensor suhu, sensor tekanan, dan sensor gas
7. Aspek Keamanan	Pagar, <i>relay buchholz</i> , <i>lightning arrester</i> , dan <i>fuse cut out</i>

Pemilihan Jenis Transformator

Jenis transformator yang digunakan adalah transformator tiga fase dengan kapasitas nominal 630 kVA dan beroperasi pada sistem tiga fase dengan tegangan pada sisi primer sebesar 20kV dan tegangan pada sisi skunder sebesar 400V. Arus nominal pada sisi primer adalah sekitar 18,19A, sedangkan pada sisi sekunder sekitar 909,32A. Impedansi *short-circuit* transformator adalah sekitar 4Ω, yang merupakan parameter untuk menentukan tingkat perlindungan terhadap gangguan hubung singkat dalam jaringan listrik. Kelas isolasi transformator ini adalah kelas A, menunjukkan kemampuannya untuk menahan suhu tertentu untuk jangka waktu tertentu tanpa mengalami kerusakan (Fadli et al., 2020; Harahap et al., 2019).



Gambar 1. Spesifikasi dan standar pemasangan transformator



Gambar 2. Diagram instalasi Transformator

Pada spesifikasi yang ditunjukkan pada Gambar 1, terdapat informasi tentang

tahun pembuatan, nomor seri, dan standar yang digunakan dalam pembuatan transformator (IEC-60076). Metode pendinginan transformator adalah Oil Natural Air Natural (ONAN), yang merupakan pendinginan menggunakan oli dan udara. Vector Group yang disebutkan adalah Dyn-5, menunjukkan hubungan antar *winding* transformator. Informasi tentang kenaikan suhu pada bagian minyak dan *winding* adalah 60°C dan 65°C secara berturut-turut yang menentukan batas suhu operasional yang aman dari transformator. Berat minyak dalam transformator adalah 440kg, dan berat total transformator adalah 1830kg. Diagram instalasi transformator ditunjukkan pada Gambar 2, dimana transformator diletakkan di dalam gedung, terpisah dari tiang distribusi.

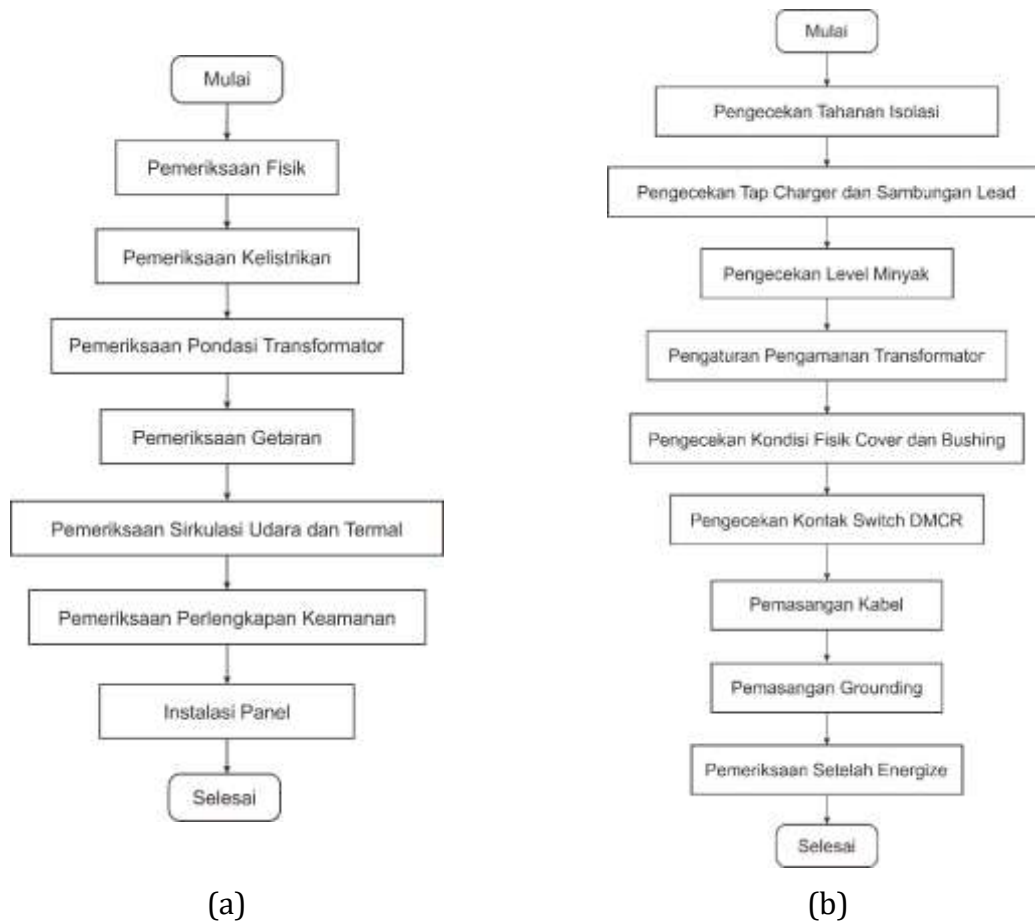
Proses Commissioning Transformator

Sebelum melakukan *commissioning*, terdapat proses *pra-commissioning*. Proses *pra-commissioning* merupakan serangkaian persiapan dan pemeriksaan awal sebelum transformator dioperasikan secara penuh. Alur tahapan proses *pra-commissioning* ditunjukkan pada Gambar 3(a). Pada tahap pertama, dilakukan pemeriksaan fisik untuk memastikan transformator terpasang sesuai dengan desain dan standar keselamatan, termasuk evaluasi kondisi fisik dan sistem pelindung, seperti yang terlihat pada Gambar 4. Pemeriksaan kabel dan hubungan elektrik melibatkan pengecekan kondisi dan koneksi kabel, sementara pemeriksaan isolasi mencakup pengukuran tahanan isolasi pada sisi tegangan tinggi dan rendah, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6. Tahapan selanjutnya melibatkan pemeriksaan peralatan proteksi dan kontrol, termasuk menguji peralatan seperti *relay* dan *fuse*. Aspek lain yang diperiksa mencakup minyak dan sistem pendinginan, memastikan kualitas minyak isolasi dan operasionalitas sistem pendinginan. Pemeriksaan tanah melibatkan pengecekan sistem *grounding* dan pengukuran resistansi tanah. Pengujian fungsional dilakukan untuk memastikan transformator merespons dengan benar dalam situasi darurat atau pada saat gangguan. Proses ini juga mencakup pelabelan dan identifikasi komponen serta pemberian *tag* dan dokumentasi keselamatan pada transformator (Kodoati et al., 2015).

Selanjutnya adalah proses *commissioning* dengan alur tahapan yang ditunjukkan pada Gambar 3(b). Pada tahap pertama, dilakukan pemeriksaan tahanan isolasi untuk memastikan bahwa tidak ada hubungan yang tidak diinginkan antara kabel atau bagian-bagian listrik dengan tanah atau antar-sisi yang dapat mengakibatkan gangguan. Pengukuran tahanan isolasi dilakukan pada tiga sisi transformator: dari sisi primer ke *ground*, dari sisi primer ke sekunder, dan dari sisi sekunder ke *ground*. Prosesnya dilakukan dengan memberikan tegangan selama 1 menit pada masing-masing sisi. Setelah 1 menit, tahanan isolasi diukur. Standar yang harus terpenuhi adalah tahanan isolasi antara setiap sisi tersebut harus lebih besar dari 500 MΩ. Jika tahanan isolasi memenuhi atau melebihi nilai ini, maka dapat dianggap bahwa isolasi pada transformator berfungsi dengan baik, mengindikasikan bahwa risiko hubungan yang tidak diinginkan

antara sisi-sisi tersebut rendah dan aman untuk digunakan dalam sistem kelistrikan (Mozina, 2006).

Pada tahap kedua, dilakukan pemeriksaan sambungan *lead*. Pemeriksaan ini bertujuan untuk memverifikasi sambungan antara fasa tegangan tinggi dan antar fasa tegangan rendah pada transformator. Selain itu, pemeriksaan juga dilakukan pada komponen *tap changer*, sebuah mekanisme yang memungkinkan perubahan rasio tegangan pada transformator. Untuk pemeriksaan sambungan *lead* antar fasa, metode yang digunakan adalah pengukuran resistansi menggunakan alat multitester.



Gambar 3. Alur tahapan (a) Pra-commissioning Transformator dan (b) Commissioning Transformator



Gambar 4. Pengecekan kondisi fisik dan sistem pengamanan pada transformator



Gambar 5. Pengecekan instalasi pengkabelan pada transformator

Pada tahap ketiga, dilakukan pemeriksaan level minyak untuk memastikan tingkat minyak dalam transformator berada dalam kondisi yang sesuai. Pada level rendah, *switch* akan berada dalam posisi *normally close*, sementara pada level optimal, *switch* akan berada dalam posisi *normally open*. Selain memeriksa level minyak, tekanan minyak juga diperiksa dengan bantuan *switch*. Standar tekanan yang diinginkan pada minyak transformator adalah di bawah 50 kPa.



Gambar 6. Pemasangan kabel dan pengecekan panel utama

Pada tahap keempat adalah pemeriksaan beberapa perangkat pengamanan pada

transformator. Pengecekan peralatan pengamanan meliputi penyesuaian level minyak, pengukuran suhu minyak, pengecekan *Medium Pressure Relief Device* (MPRD), pengecekan *relay buchholz*, pengawasan suhu pada gulungan transformator, dan pengecekan *Detection, Measurement, and Control Relay/Relay Isolation Surgetester* (DGPT2/RIS). MPRD merupakan perangkat untuk meredakan tekanan pada transformator, *relay buchholz* merupakan *relay* yang mendeteksi kebocoran atau gangguan pada transformator, dan DGPT2/RIS merupakan sistem proteksi yang berfungsi untuk mendeteksi berbagai parameter seperti tekanan, suhu, level minyak, dan deteksi gas pada transformator. Pada tahap kelima adalah melakukan pemeriksaan kondisi *bushing* dan *cover* pada transformator. *Bushing* merupakan komponen yang berfungsi sebagai penghubung listrik antara bagian dalam dan luar transformator, sementara *cover* merupakan pelindung pada bagian-bagian sensitif dari transformator. Pada tahap keenam, dilakukan pemeriksaan kontak *switch* pada *Detection Measurement and Control Relay* (DMCR). DMCR merupakan representasi dari fungsi kerja dari 3 sensor utama, yaitu gas, tekanan, dan suhu dalam sistem proteksi transformator. Sistem DMCR ini prinsip kerjanya mirip dengan *relay*. Ketika terjadi gangguan internal pada transformator, seperti kebocoran gas, kenaikan tekanan, atau suhu yang berlebihan, kontak *switch* akan berubah menjadi *normally open*. Perubahan posisi kontak ini akan memicu transformator untuk melakukan *trip*, yakni memutus sumber tegangan yang masuk ke transformator. Hal ini bertujuan untuk mengisolasi transformator dari gangguan yang dapat menyebabkan kerusakan atau bahaya pada sistem listrik secara keseluruhan (Schauder et al., 1998). Pada tahap ketujuh, dilakukan pemasangan kabel seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6. Dalam proses pemasangan kabel, terdapat beberapa hal yang sangat penting untuk diperhatikan untuk memastikan keamanan instalasi, seperti tidak membebani *bushing*, pengencangan *bushing* dengan torsi meter dengan tekanan sebesar 50 Nm, penggunaan kotak panel, dan menghindari penggunaan pipa besi untuk melindungi kabel. Selanjutnya, dilakukan prosedur pentanahan transformator dengan menghubungkan transformator dengan sistem tanah. Langkah ini bertujuan untuk melindungi operator atau orang yang berada di sekitar transformator dari tegangan sentuh yang dapat berbahaya, menstabilkan tegangan *output* transformator, serta melindungi beberapa perangkat sensor. Pada tahap terakhir, dilakukan proses *energize* dengan mengalirkan listrik dari PLN ke transformator. Setelah transformator menerima daya listrik dari PLN, dilakukan pemeriksaan yang mencakup pengukuran tegangan masukan dan keluaran pada masing-masing fase serta fase netral dari transformator, memeriksa urutan dari setiap fase listrik, serta pemeriksaan kebisingan atau bunyi yang tidak normal dari transformator. Jika terdeteksi *noise* yang tidak biasa, kemungkinan terjadi masalah pada *grounding* atau kabel yang tidak terhubung dengan baik, atau terjadi kekendoran pada baut. Jika bunyi berasal dari dalam tangki transformator, perlu dilakukan pemeriksaan internal untuk memastikan tidak ada masalah fisik atau komponen yang menyebabkan *noise* (Ahmed et al., 2020).

3. Hasil dan Pembahasan

Pada Tabel 2, terlihat hasil asesmen diagnostik yang menunjukkan prestasi sangat baik dalam beberapa aspek. Aspek kelistrikan menunjukkan bahwa transformator memenuhi standar dan spesifikasi yang telah ditetapkan. Tegangan, isolasi, dan koneksi kelistrikan berada dalam kondisi optimal, menandakan kesiapan transformator untuk beroperasi dengan efisiensi tinggi. Aspek sipil menunjukkan bahwa struktur fisik transformator, termasuk dudukan dan pondasi, berada dalam keadaan prima. Stabilitas fisik transformator terjamin, mendukung keselamatan dan kinerja optimal di lingkungan fisiknya. Pada aspek mekanikal, komponen mekanis, termasuk getaran transformator, tidak menunjukkan kegagalan atau masalah mekanis yang dapat mempengaruhi performa. Aspek sains bangunan menunjukkan bahwa kondisi lingkungan fisik sekitar transformator, termasuk sirkulasi udara dan manajemen termal, memenuhi persyaratan. Aspek pendinginan menunjukkan bahwa sistem pendinginan, terutama kondisi minyak, beroperasi secara optimal dan dapat menjaga suhu transformator pada level yang aman. Pada aspek pemantauan, kotak panel dan sensor-sensor seperti suhu, tekanan, dan gas berfungsi dengan baik, memungkinkan deteksi dini terhadap masalah potensial. Aspek keamanan menegaskan bahwa perlindungan transformator dari gangguan eksternal dan fungsi perangkat keamanan seperti *relay buchholz* dan *lightning arrester* berada dalam kondisi optimal.

Tabel. 2 Hasil Asesmen Diagnostik

No.	Item Pemeriksaan	Hasil
1.	Aspek Kelistrikan	Sangat Baik
2.	Aspek Sipil	Sangat Baik
3.	Aspek Mekanikal	Sangat Baik
4.	Aspek Sains Bangunan	Sangat Baik
5.	Aspek Pendinginan	Sangat Baik
6.	Aspek Pemantauan	Sangat Baik
7.	Aspek Keamanan	Sangat Baik

Secara keseluruhan, hasil pemeriksaan yang sangat baik pada semua aspek menunjukkan bahwa transformator dengan tipe 20kV 630 kVA telah melewati proses *commissioning* dengan sukses, dan siap untuk diintegrasikan ke dalam jaringan listrik dengan performa dan keamanan maksimal. Selanjutnya, seperti yang terlihat pada Gambar 7, transformator yang telah selesai menjalani proses *commissioning* diserahkan kepada pihak Fakultas Kedokteran USK.



*Gambar 7. Finalisasi proses *commissioning* antara tim teknis, produsen dan *supplier* dengan pemilik transformator*

4. Simpulan

Hasil dari proses *commissioning* transformator merangkum sejumlah aspek penting, termasuk kelistrikan, mekanikal, sipil, dan aspek sains building atau arsitektur. Aspek kelistrikan mencakup pengujian kritis terhadap performa listrik transformator, seperti pengukuran tahanan isolasi, pemeriksaan arus bocor, dan kinerja tegangan yang sesuai dengan standar yang ditetapkan. Sementara itu, aspek mekanikal menyoroti pengujian fisik transformator, seperti pemeriksaan pendinginan, kebocoran minyak, serta pengujian suhu dan tekanan yang memastikan transformator beroperasi pada kondisi optimal. Bagian sipil menekankan pada struktur penopang transformator dan perlindungan terhadap lingkungan, memastikan dasar yang kuat dan perlindungan terhadap cuaca eksternal. Sementara aspek sains building atau arsitektur fokus pada infrastruktur fisik sekitar transformator, termasuk bangunan atau struktur penyangga, integrasi transformator ke dalam ruang, serta perlindungan terhadap bangunan dari efek dari operasi transformator itu sendiri. Keseluruhan dari hasil *commissioning* tidak hanya memastikan transformator berfungsi dengan baik, tetapi juga untuk memastikan transformator terintegrasi secara efisien dalam lingkungan fisik dan infrastruktur yang mendukung operasionalnya.

5. Ucapan Terima Kasih

Kami mengucapkan terima kasih kepada PT. Trafoindo Prima Perkasa sebagai produsen transformator, PT. Kuala Daya Sejati sebagai vendor dan Zain Teknologi Energi sebagai petugas pelaksana, kerana telah berpartisipasi dalam mendukung kelancaran pelaksanaan kegiatan *commissioning* transformator di Fakultas Kedokteran, Universitas Syiah Kuala.

6. Referensi

Ahmed, O. A. A., Mohamed, H. A. S. I., Mohamed, A. A.-H. A. said A., & Mohamed, S. E.-R. A.

- (2020). *Testing And Commissioning of Electrical Equipments* (Issue November). Sudan University of Science and Technology.
- Anugrah, A. Van, Eteruddin, H., & Arlenny, A. (2020). Studi Pemasangan Express Feeder Jaringan Distribusi 20 kV Untuk Mengatasi Drop Tegangan Pada Feeder Sorek PT PLN (Persero) Rayon Pangkalan Kerinci. *SainETIn (Jurnal Sain, Teknologi & Industri)*, 4(2), 65–71. <https://doi.org/10.31849/sainetin.v4i2.6338>
- Bowen, J. (1998). Industrial Substation *Commissioning* and Turnover Planning. *IEEE Industry Applications Society 45th Annual Petroleum and Chemical Industry Conference*, 207–221. <https://doi.org/10.1109/PCICON.1998.727963>
- Chandrasena, W., Jacobson, D., & Wang, P. (2016). Controlled Switching of a 1200 MVA Transformer in Manitoba. *IEEE Transactions on Power Delivery*, 31(5), 2390–2400. <https://doi.org/10.1109/TPWRD.2016.2530631>
- Dispatch, E. (2015). Transport, Installation and *Commissioning* of Power Transformers. *Transformers Magazine*, 2(1), 23–29.
- Fadli, M. N., Seniari, N. M., & Ginarsa, I. M. (2020). Analisis Rencana Pemasangan *Transformator* Sisipan Pada Saluran *Transformator* Distribusi Penyulang Pagutan (Studi Kasus: *Transformator* Distribusi AM097 Di Jalan Banda Seraya, Pagesangan, Kota Mataram). *Dielektrika*, 7(1), 1–8.
- Harahap, P., Adam, M., & Prabowo, A. (2019). Analisa Penambahan Trafo Sisip Sisi Distribusi 20 kV Mengurangi Beban Overload dan Jatuh Tegangan Pada Trafo B1 11 Rayon Tanah Jawa Dengan Simulasi Etap 12.6.0. *RELE (Rekayasa Elektrikal Dan Energi): Jurnal Teknik Elektro*, 1(2), 62–69. <https://doi.org/10.30596/rele.v1i2.3002>
- Hermawan, Y., Panjaitan, K., Napitupulu, J., & Simamora, A. M. (2023). Analisis Pemasangan Trafo Sisipan Terhadap Perbaikan Jatuh Tegangan di Penyulang Lamhotma. *Jurnal Teknologi Energi UDA*, 12(2), 121. <https://doi.org/10.46930/jteu.v12i2.3678>
- Jauch, E. T. (2007). The Development of a Transformer Paralleling Guide for the IEEE Transformer Committee. *IEEE Power Engineering Society General Meeting*, 1–8. <https://doi.org/10.1109/PES.2007.386050>
- Khelifi Touhami Mohamed Yakoub, & Ibrahim, H. (2022). *Commissioning of Power Transformer*. Institute of Sciences and Applied Technologies.
- Kodoati, K. A., Lisi, I. F., & Pakiding, I. M. (2015). Analisa Perkiraan Umur *Transformator*. *Jurnal Teknik Elektro Dan Komputer*, 4(3), 35–43.
- Mozina, C. J. (2006). Protection and *Commissioning* of Multifunction Digital Transformer Relays at Medium Voltage Industrial Facilities. *Annual Pulp and Paper Industry Technical Conference*, 265–275. <https://doi.org/10.1109/PAPCON.2005.1502074>
- Ruiz, D., Stephens, R., Gaynor, P., & Wilson, J. (2006). Design, Startup, and *Commissioning* of a 230 kV - 13.8 kV Substation. *IEEE Industry Applications Society 53rd Annual Petroleum and Chemical Industry Conference*, d, 1–9. <https://doi.org/10.1109/PCICON.2006.359714>
- Schauder, C., Stacey, E., Lund, M., Gyugyi, L., Kovalsky, L., Keri, A., Mehraban, A., & Edris,

- A. (1998). AEP UPFC Project: Installation, *Commissioning* and Operation of the ± 160 MVA STATCOM (Phase I). *IEEE Transactions on Power Delivery*, 13(4), 1530–1535. <https://doi.org/10.1109/61.714855>
- Wahyudi Widiatmika, K., Arta Wijaya, I. W., & Setiawan, I. N. (2018). Analisis Penambahan *Transformator* Sisipan Untuk Mengatasi Overload Pada *Transformator* DB0244 di Penyulang Sebelanga. *Jurnal SPEKTRUM*, 5(2), 19. <https://doi.org/10.24843/spektrum.2018.v05.i02.p03>
- Y.S.Han, I.Y.Suh, J.M.Kim, H.S.Lee, J.B.Choo, & B.H.Chang. (2004). *Commissioning* and Testing of the Kanglin UPFC in Korea. *Proceedings of the 2004 CIGRE*.