



RANCANG BANGUN PENGENDALIAN ALAT *VACUUM PRESSURE IMPREGNATION* BERBASIS PLC DAN HMI UNTUK GULUNGAN BARU MESIN LISTRIK

Mohammad Chusnul Adib & Maula Sukmawidjaja

Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri Universitas Trisakti

Jalan Kiai Tapa 1 Jakarta Barat 11440

E-mail: mchusnuladib@gmail.com & maula@trisakti.ac.id

ABSTRACT

Insulation is a very important component in electric machine. Without insulation, electric machines would not work according to the electrical design. There is a method of isolation called Vacuum Pressure Impregnation in maintenance, and repair of electrical machinery. Vacuum Pressure Impregnation is a method of insulation on an electric machine to remove the content of air, gas, and moisture evenly. In order to produce a good quality of insulation in an electric machine, this technology is much needed. The technology used nowadays in industrial are Programmable Logic Controller (PLC) and Human Machine Interface (HMI). With the PLC and HMI, the equipments that are manually operated in the production process such as contactors, relays, and others can be reduced. Furthermore that, the system can be monitored by the operator properly, so it can improve the production's quality and quantity. In this study, the design of the system will be applied to the Vacuum Pressure Impregnation with PLC Omron CP1E and HMI Omron NB7W - TW00B as the main controller and monitoring. From the results of the research, it can be concluded that the design of control Vacuum Pressure Impregnation machine with PLC and HMI can be implemented and it works according to EASA standards. The results of resistance test, insulation resistance test, polarity index, high voltage DC test, and surge comparison test in the electrical machines improved after using this equipment.

Keywords: *Vacuum Pressure Impregnation, PLC, HMI*

ABSTRAK

Isolasi merupakan komponen yang sangat penting pada mesin listrik. Tanpa adanya isolasi, mesin listrik tidak akan bekerja sesuai dengan desain elektrikalnya. Dalam perawatan dan perbaikan mesin listrik, ada metode isolasi yang dinamakan Vacuum Pressure Impregnation. Vacuum Pressure Impregnation adalah metode isolasi pada mesin listrik yang berfungsi untuk menghilangkan kandungan udara, gas, dan kelembaban secara merata. Agar dapat menghasilkan kualitas isolasi yang baik maka penggunaan teknologi ini pada mesin listrik sangat diperlukan. Teknologi yang sering digunakan dalam era industri sekarang ini adalah penggunaan Programmable Logic Controller (PLC) dan Human

Machine Interface (HMI). Dengan adanya PLC dan HMI, peralatan yang masih berfungsi secara manual dalam proses produksi seperti kontaktor, dan relay dapat dikurangi. Selain itu sistem dapat dimonitor oleh operator sehingga dapat meningkatkan hasil produksi baik secara kualitas maupun kuantitas. Pada penelitian ini, penggunaan teknologi tersebut akan diaplikasikan pada alat Vacuum Pressure Impregnation dengan PLC Omron CP1E dan HMI Omron NB7W – TW00B sebagai pusat kontrol dan monitoringnya. Dari hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa rancang bangun pengendalian alat Vacuum Pressure Impregnation dengan PLC dan HMI dapat dilaksanakan dan dapat bekerja sesuai dengan standard EASA. Hasil pengujian nilai resistansi, tahanan isolasi, polaritas index, tegangan tinggi DC, dan surge comparison test pada mesin listrik terbukti menunjukkan hasil yang lebih baik setelah menggunakan alat ini.

Kata kunci: *Vacuum Pressure Impregnation , PLC, HMI.*

1. PENDAHULUAN

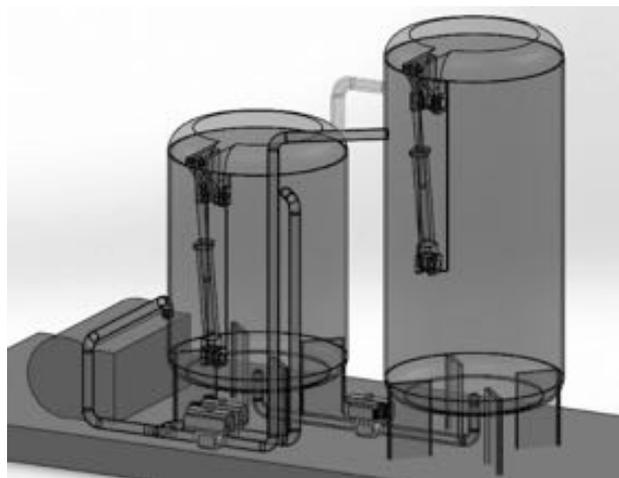
Pada mesin listrik terdapat tiga komponen utama yaitu konduktor, inti besi, dan isolasi. Dua yang pertama disebut komponen aktif karena berkontribusi dalam menunjang fungsi mesin listrik itu sendiri, sedangkan yang ketiga disebut komponen pasif karena tidak berkontribusi dalam menunjang fungsi mesin. Isolasi pada mesin listrik berfungsi untuk mencegah resiko hubung singkat. Sehingga tanpa kehadiran isolasi dapat dipastikan mesin listrik akan mengalami hubung singkat sehingga fungsi mesin tersebut tidak akan bekerja sesuai dengan desain elektriknya [1]. Selain kualitas bahan isolasi, metode isolasi juga menjadi hal yang harus diperhatikan dalam perbaikan atau perawatan mesin listrik, agar bahan isolasi dapat merata ke seluruh permukaan mesin listrik yang sedang dalam perbaikan atau perawatan. Dalam proses pemberian *varnish*, PT GMF Aeroasia mempunyai metode isolasi atau alat yang dinamakan *Vacuum Pressure Impregnation (VPI)*. VPI adalah alat yang berfungsi untuk menghilangkan kandungan udara, gas dan kelembaban dalam sebuah gulungan baru mesin listrik.

Namun saat ini sistem kendali pada alat *Vacuum Pressure Impregnation (VPI)* yang ada di pasaran masih menggunakan sistem kontrol manual dan tidak bisa dimonitor sehingga memungkinkan terjadinya sesuatu yang tidak diinginkan yaitu dari segi keamanan dan kesalahan pengoperasiannya. Selain itu jika ada gangguan pada rangkaian kontrol, pengguna akan kesulitan dalam *troubleshooting* karena

peralatan kontrol yang digunakan masih berfungsi secara manual seperti kontaktor, *relay* dan *timer* yang cenderung lebih rumit daripada menggunakan PLC. Oleh karena itu dengan mengikuti perkembangan teknologi PLC dan aplikasi HMI saat ini, maka sistem alat ini akan dibuat otomatis dan dapat dimonitor. Sistem akan dibuat menggunakan PLC dan HMI dari Omron dengan menggunakan aplikasi bawaannya yaitu CX - Programmer dan NB - Designer.

2. KAJIAN PUSTAKA

Vacuum Pressure Impregnation adalah salah satu metode isolasi pada mesin listrik yang berfungsi untuk menghilangkan kandungan udara, gas, dan kelembaban dalam sebuah gulungan baru mesin listrik. Pada Gambar 1 terdapat bagian – bagian utama dalam perancangan alat *Vacuum Pressure Impregnation*.



Gambar 1. Bagian utama alat VPI

Adapun bagian - bagian utama alat VPI tersebut antara lain:

1. Tangki utama

Dimensi ukuran tangki utama mempunyai tinggi 1931 mm dan diameter 716 mm. Tangki ini berfungsi sebagai tempat/wadah mesin listrik untuk proses VPI.

2. Tangki penyimpanan

Dimensi ukuran tangki penyimpanan mempunyai tinggi 1426 mm dan diameter 716 mm. Tangki ini berfungsi sebagai tempat penyimpanan *varnish*.

3. Motor vakum

Motor vakum berfungsi untuk membuat vakum tangki utama dan perpindahan resin dari tangki penyimpanan ke tangki utama atau sebaliknya.

Pada mesin listrik ada beberapa pengujian elektrikal yang harus dilakukan untuk mengevaluasi kekuatan dielektrik sehingga menjamin keandalan mesin listrik tersebut. Secara garis besar menurut standar EASA AR100 - 2015 pengujian mesin listrik terdiri dari [2-3]:

1. Pengujian nilai resistansi
2. Pengujian tahanan isolasi dan polaritas *index*
3. Pengujian tegangan tinggi DC
4. *Surge Comparison Test*

PLC adalah komputer elektronik yang mudah digunakan dan memiliki fungsi kendali untuk berbagai tipe dan tingkat kesulitan yang beraneka ragam. Penggunaan PLC pada industri banyak dilakukan karena lebih fleksibel [4]. PLC juga menawarkan kemudahan dalam pemrograman, implementasi, perawatan, *troubleshooting*, dan modifikasi program jika sewaktu waktu diperlukan sehingga dapat mengurangi kesalahan kesalahan yang disebabkan oleh operator (*human error*) dan dapat melakukan perekaman proses kerja alat [5-6]. Proses yang dikontrol PLC dapat berupa regulasi variabel secara berkesinambungan seperti sistem analog atau hanya melibatkan kontrol dua keadaan (*on/off*) [7]. Selain itu pemantauan dan pemberian kontrol kerja dari PLC membutuhkan suatu *interface* yang menghubungkan manusia dengan mesin. *Interface* tersebut adalah *Human Machine Interface* (HMI) [8-9]. Tugas dari *Human Machine Interface* (HMI) yaitu membuat visualisasi sistem secara nyata sehingga mempermudah operator memonitor serta mengendalikan langsung secara real time terhadap proses yang sedang berlangsung [4, 8].

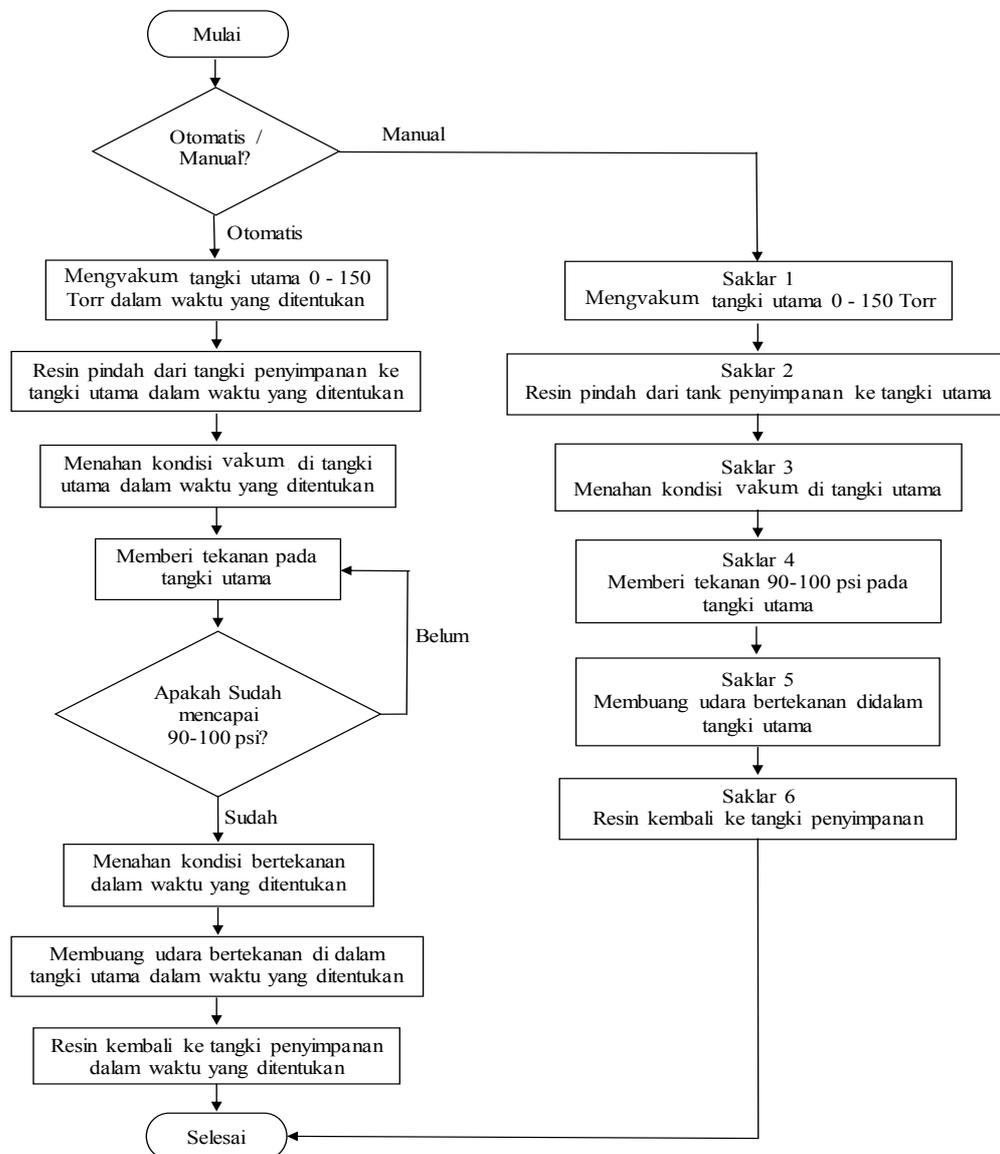
HMI adalah seperangkat alat untuk komunikasi antara manusia dengan mesin. HMI dapat berupa pengendali dan visualisasi status baik secara manual

maupun melalui visualisasi komputer yang bersifat *real time*. *Port* yang biasanya digunakan untuk sistem kontrol dan akan dibaca oleh HMI antara lain adalah *port USB*, *port RS232* dan ada pula yang menggunakan *port Serial*.

3. PERANCANGAN

3.1. Diagram Alir Proses Kerja Alat

Pada Gambar 2 terdapat diagram alir proses kerja alat VPI yang terdiri dari proses manual dan otomatis.



Gambar 2. Diagram alir proses kerja alat VPI

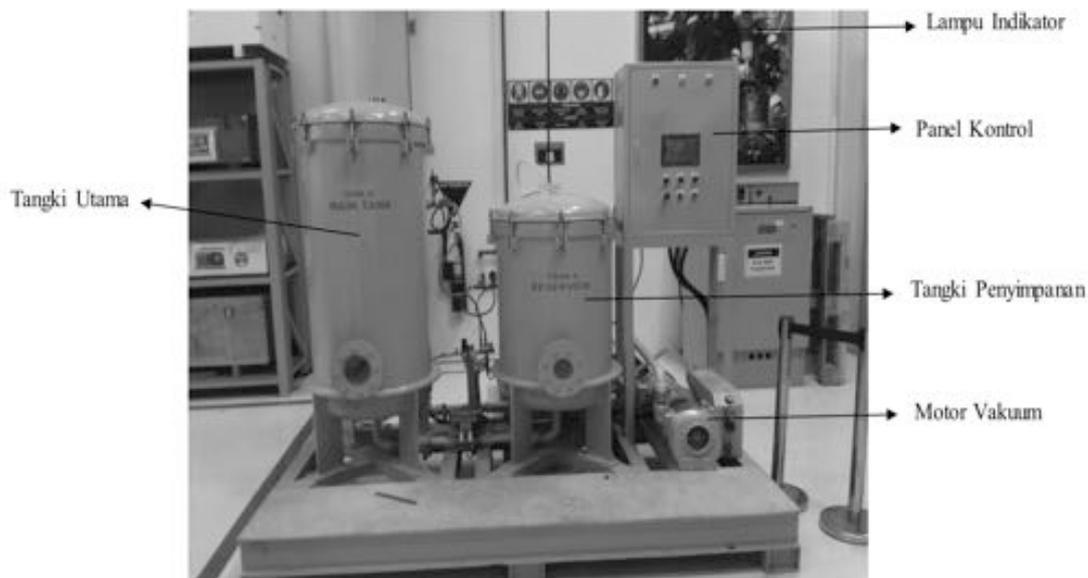
Pada Tabel 1 diperlihatkan tahapan kerja komponen – komponen pada setiap proses VPI.

Tabel 1. Tahapan kerja komponen pada setiap proses VPI

No	Proses	Motor Vakum	SOV 1	SOV 2	SOV 3	SOV 4	SOV 5	SOV 6
1	1	<i>On</i>	<i>Off</i>	<i>On</i>	<i>Off</i>	<i>Off</i>	<i>Off</i>	<i>Off</i>
2	2	<i>On</i>	<i>On</i>	<i>On</i>	<i>Off</i>	<i>Off</i>	<i>On</i>	<i>Off</i>
3	3	<i>Off</i>	<i>Off</i>	<i>Off</i>	<i>Off</i>	<i>Off</i>	<i>Off</i>	<i>Off</i>
4	4	<i>Off</i>	<i>Off</i>	<i>Off</i>	<i>Off</i>	<i>On</i>	<i>Off</i>	<i>Off</i>
5	5	<i>Off</i>	<i>Off</i>	<i>Off</i>	<i>Off</i>	<i>Off</i>	<i>Off</i>	<i>On</i>
6	6	<i>On</i>	<i>On</i>	<i>Off</i>	<i>On</i>	<i>Off</i>	<i>Off</i>	<i>On</i>

3.2. Hasil Rancang Bangun Alat VPI

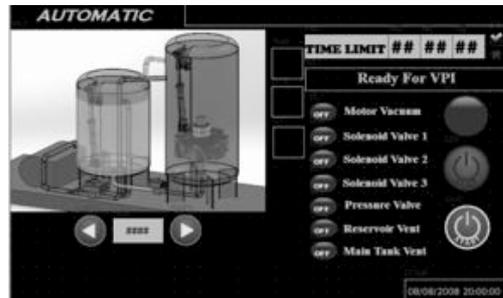
Alat VPI dirancang berdasarkan desain rangkaian daya dan rangkaian kontrol yang telah dibuat. Pada Gambar 3 diperlihatkan hasil proses rancang bangun alat VPI.



Gambar 3. Hasil rancang bangun alat VPI

3.3. Perancangan Halaman Otomatis

Pada Gambar 4 memperlihatkan hasil rancangan HMI untuk menu otomatis yang terdiri dari komponen tombol *on – off*, gambar tiap ganti proses, *timer*, *alarm*, lampu indikator dan teks.



Gambar 4. Tampilan halaman otomatis

3.4. Perancangan Halaman Manual

Pada halaman manual terdapat komponen – komponen yang terdiri dari tombol *on – off – reset*, *alarm*, lampu indikator dan teks seperti yang diperlihatkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Tampilan halaman manual

4. HASIL PENGUJIAN DAN ANALISIS

4.1. Pengujian dan Analisis Proses Manual

Untuk mengetahui waktu yang dibutuhkan tiap proses otomatis, terlebih dahulu dilakukan pengujian pada halaman manual. Pada halaman manual tersedia 6 tombol sesuai dengan jumlah proses yang telah dibuat. Berikut hasil pengujian untuk masing – masing tombol:

- a. Tombol 1 berfungsi untuk proses membuat vakum tangki utama

Pada Gambar 6 dapat dilihat ketika tombol 1 ditekan warna tombol akan berubah menjadi warna hijau. Dalam proses ini *output* PLC yang bekerja ditandai dengan lampu indikator berubah menjadi hijau. Saat pengujian untuk mencapai tekanan vakum -85 kPa atau 112,51 torr dibutuhkan waktu sekitar 44 detik.



Gambar 6. Tampilan ketika tombol 1 ditekan

- b. Tombol 2 berfungsi untuk menjalankan proses perpindahan resin dari tangki penyimpanan ke tangki utama.

Pada Gambar 7 ketika tombol 2 ditekan warna tombol akan berubah menjadi warna hijau dan mematikan tombol 1. Dalam proses ini *output* PLC yang bekerja ditandai dengan lampu indikator berubah menjadi hijau. Saat pengujian untuk proses perpindahan resin dari tangki penyimpanan ke tangki utama dibutuhkan waktu 2 menit 9 detik.



Gambar 7. Tampilan ketika tombol 2 ditekan

- c. Tombol 3 berfungsi untuk proses menahan tangki utama dalam keadaan vakum

Pada Gambar 8 ketika tombol 3 ditekan warna tombol akan berubah menjadi warna hijau dan mematikan tombol 2. Dalam proses ini tidak ada *output* PLC yang bekerja sehingga tidak ada lampu indikator yang menyala. Tidak ada standar yang mengatur berapa lama untuk menahan tangki dalam keadaan vakum sehingga dipilih 30 menit untuk proses ini.



Gambar 8 Tampilan ketika tombol 3 ditekan

- d. Tombol 4 berfungsi untuk proses pemberian tekanan tangki utama sampai tekanan 90 psi

Pada Gambar 9 ketika tombol 4 ditekan warna tombol akan berubah menjadi warna hijau dan mematikan tombol 3. Dalam proses ini *output* PLC yang bekerja ditandai dengan lampu indikator berubah menjadi hijau. Pada proses ini tidak ada standar yang mengatur berapa lama untuk memberikan tekanan pada tangki utama sehingga dipilih 10 menit untuk proses ini.



Gambar 9. Tampilan ketika tombol 4 ditekan

- e. Tombol 5 berfungsi untuk proses pembuangan udara bertekanan didalam tangki utama

Pada Gambar 10 ketika tombol 5 ditekan tombol akan berubah menjadi warna hijau dan mematikan tombol 4. Dalam proses ini *output* PLC yang bekerja ditandai dengan lampu indikator berubah menjadi hijau. Saat pengelasan proses ini membutuhkan waktu 10 menit.



Gambar 10. Tampilan ketika tombol 5 ditekan

f. Tombol 6 berfungsi untuk proses mengembalikan resin ke tangki penyimpanan

Pada Gambar 11 ketika tombol 6 ditekan warna tombol akan berubah menjadi warna hijau dan mematikan tombol 5. Dalam proses ini *output* PLC yang bekerja ditandai dengan lampu indikator berubah menjadi hijau. Saat pengetesan untuk proses ini membutuhkan waktu 2 menit 9 detik.



Gambar 11. Tampilan ketika tombol 6 ditekan

4.2. Pengujian dan Analisa Proses Otomatis

Setelah mengetahui *delay* waktu yang dibutuhkan setiap proses VPI dari hasil pengujian halaman manual, selanjutnya dapat dilakukan pengujian pada halaman otomatis. Langkah pertama adalah mengatur waktu pada tiap – tiap proses VPI. Setelah itu program otomatis dapat dijalankan dengan menekan tombol *start* pada layar atau panel. Hasil pengujian yang didapatkan pada proses otomatis adalah sistem dapat berjalan lancar dan sesuai dengan yang diinginkan.



4.3. Pengujian Elektrikal Pada Mesin Listrik

Pengujian elektrikal dilakukan pada salah satu mesin listrik milik pelanggan PT GMF AeroAsia. Pengujian dilakukan sebelum dan sesudah di VPI. Adapun spesifikasi mesin listrik yang akan dilakukan pengujian elektrikal yaitu:

- a. Nama Barang : Rotor *Exciter*
- b. Tegangan : 500 V
- c. Fase : 3
- d. Pemilik : PT Kaltim Prima Coal

4.4. Hasil Pengujian Nilai Resistansi

Pada Tabel 2 terdapat hasil perbandingan pengujian nilai resistansi pada rotor *exciter* sebelum dan setelah di VPI.

Tabel 2. Pengujian nilai resistansi

No	Sebelum VPI		Setelah VPI	
	Phasa	Resistansi (Ω)	Phasa	Resistansi (Ω)
1	1 – 2	0,012701	1 - 2	0,012153
2	2 – 3	0,012902	2 - 3	0,012204
3	3 – 1	0,012599	3 - 1	0,012292

Penggunaan alat VPI tidak berpengaruh besar pada pengetesan ini. Adanya sedikit perbedaan tersebut kemungkinan berasal dari faktor suhu lingkungan atau kondisi suhu pada lilitan.

4.5. Hasil Pengujian Tahanan Isolasi dan Polaritas *Index*

Tabel 3 adalah hasil perbandingan pengujian tahanan isolasi dan polaritas *index* pada rotor *exciter* sebelum dan setelah di VPI.

Tabel 3. Pengujian tahanan isolasi dan polaritas *index*

Waktu	Sebelum VPI				PI	Setelah VPI			
	Tegangan (V)	Arus (μ A)	Resistansi ($M\Omega$)	Resistansi ($M\Omega$)		Tegangan (V)	Arus (μ A)	Resistansi ($M\Omega$)	PI
1 menit	500	0,13	3846		1,083	500	0,04	12500	0,8
10 menit	500	0,12	4167			500	0,05	10000	

Hasil rotor *exciter* setelah di VPI, 3 kali lipat lebih baik daripada sebelum di VPI dan hasil polaritas *index* setelah di VPI sesuai standar EASA AR100 - 2015 dapat diabaikan karena nilai melebihi 5 giga ohm.

4.6. Hasil Pengujian Tegangan Tinggi DC

Pada Tabel 4 terdapat hasil perbandingan pengujian tegangan tinggi DC pada rotor *exciter* sebelum dan setelah di VPI.

Tabel 4. Pengujian tegangan tinggi DC

Volt (V)	Sebelum VPI	Setelah VPI
	Arus (μ A)	Arus (μ A)
1500	1,44	0,21

Hasil pengujian tegangan tinggi DC diketahui nilai kebocoran arus pada rotor *exciter* sebelum di VPI lebih besar hampir 7 kali lipat daripada hasil pengukuran setelah di VPI.

4.7. Hasil *Surge Comparison Test*

Pada Tabel 5 diperlihatkan hasil perbandingan *surge comparison test* pada rotor *exciter* sebelum dan setelah di VPI.

Tabel 5. *Surge comparison test*

No	Tegangan (V)	Rasio Max	Sebelum VPI		Setelah VPI	
			Fasa	Nilai (%)	Fasa	Nilai (%)
1	1500	10%	1 - 2	1,5	1 - 2	1,3
2			2 - 3	0,8	2 - 3	0,6
3			3 - 1	1,4	3 - 1	1,4

Nilai persentase setelah di VPI, rotor *exciter* lebih baik dibandingkan dengan hasil pengukuran sebelum di VPI meskipun hasil pengujiannya sudah sesuai dengan standar EASA AR100 – 2015.



5. KESIMPULAN

Berdasarkan pengujian dan analisis, kesimpulan yang dapat diambil adalah:

1. Pengendalian alat VPI dengan PLC dan HMI dapat dilakukan dan urutan proses VPI dapat berjalan sesuai yang diinginkan.
2. HMI Omron NB7W – TW00B dan PLC Omron CP1E dapat berkomunikasi dengan baik.
3. Semua sensor, aktuator, dan kontaktor dapat diintegrasikan dengan PLC dan HMI terbukti dengan berjalannya program sesuai keinginan.
4. Sistem keamanan dapat dibuat dan dapat berfungsi dengan baik sehingga melindungi operator dari bahaya dan mencegah terjadi kerusakan pada alat.
5. Penggunaan *history* dapat dibuat dan berfungsi dengan baik untuk mengetahui proses dan gangguan apa saja yang telah terjadi pada alat.
6. Hasil pengujian nilai resistansi, tahanan isolasi, polaritas *index*, tegangan tinggi DC dan *surge comparison test* pada motor listrik lebih baik setelah menggunakan alat ini.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini didukung dan dibiayai oleh PT GMF Aero Asia. Terima kasih ditujukan kepada PT GMF Aero Asia, rekan – rekan kerja, seluruh Dosen Universitas Trisakti, dan teman – teman yang telah membantu pelaksanaan penelitian dan atau penulisan artikel.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Sigit Pudji Handoyo. “Aplikasi Jembatan Schering Pada Alat Ukur Bahan Isolasi.” Skripsi Sarjana, Institut Sains dan Teknologi Nasional, Jakarta, 2015.
- [2] “How To Build A VPI System For Your Service Center”, *EASA Current*, November 2005.
- [3] *Recommended Practice, EASA AR100-2015*, Rev. August 2015.
- [4] Harmanda Mandala. “Perancangan Sistem Otomatisasi Penggilingan Teh Hitam Orthodox Menggunakan Pengendali PLC Siemens S7 1200 dan Supervisory

- Control and Data Acquisition (SCADA) di PT. Perkebunan Nusantara VIII Rancabali.” Jurnal Tugas Akhir, Universitas Telkom, Bandung, 2010.
- [5] Gerardo Jones Kereh. “Perancangan Program Sistem Otomatisasi Pada Stasiun Kerja Pelayuan Menggunakan Pengendali PLC Omron CP1E Di PT. Perkebunan Nusantara VIII Ciater.” Jurnal Tugas Akhir, Universitas Telkom, Bandung, 2009.
- [6] Asnal Effendi. “Perancangan Pengontrolan Pemanas Air Menggunakan PLC *Siemens S7-1200* Dan Sensor Arus ACS712.” Jurnal Tugas Akhir, Intitut Teknologi Padang, Padang, 2013.
- [7] Tugino, Yohanes Purwanto, Tri Handayani. “Rancang Bangun Sistem Pengendalian Tinggi Permukaan Air Dan Suhu Cairan Berbasis PLC SCADA” Jurnal Tugas Akhir, Sekolah Tinggi Teknologi Nasional Yogyakarta, Yogyakarta, 2011.
- [8] Lela Nurpulaela. “Perancangan *Human Machine Interface* Dengan VB6.0 Untuk Visualisasi Dan Monitoring Kecepatan Motor AC 3Phase Pada PLC Oomron CJ1M.” Jurnal Tugas Akhir, STT Bina Tunggal Bekasi, Bekasi, 2012.
- [9] Damaris Tanojo. “Kontrol Modular Protection System Berbasis PLC Siemens S7-300 Dengan Menggunakan HMI Touch Panel.” Jurnal Ilmiah Mahasiswa, Universitas Surabaya, Surabaya, 2015.