

PERANCANGAN HUMAN MACHINE INTERFACE

SIMULATOR GARDU INDUK 150 kV

Seflahir Dinata

*Jurusan Teknik Elektro FT UNPAM
Jln. Puspiptek Raya No 11 Buaran, Tangerang Selatan 15310 INDONESIA
Dosen01138@unpam.ac.id*

ABSTRAK

Simulator sangat dibutuhkan sebagai sarana bagi operator untuk memahami prinsip kerja sistem tenaga seperti pada pembangkit, gardu induk, atau sistem distribusi. Dengan ada nya simulator memberikan solusi untuk melakukan tindakan pengoperasian peralatan secara berulang, dimana hal ini tidak mungkin dilakukan pada peralatan yang sesungguhnya karena akan mengganggu sistem secara keseluruhan. Biaya investasi yang besar menjadi kendala untuk mewujudkan suatu simulator. Tujuan penelitian ini adalah untuk merancang simulator pengoperasian dan pemeliharaan gardu induk 150 kV yang *portabel* dengan menggunakan *software Citect SCADA*. Metode penelitian yang dilakukan adalah dengan melakukan observasi langsung ke Gardu Induk, tinjauan SOP dan perancangan HMI dengan *software Citect SCADA*. Acuan perancangan tampilan, parameter pengukuran, dan *alarm* dilakukan berdasarkan *single line diagram*, data peralatan dan SOP pengoperasian PMT dan PMS gardu induk Lubuk Alung Unit Transmisi PLN P3B Sumatera. Perancangan HMI pada *software Citect SCADA* menggunakan 5 menu yang tersedia yaitu *Citect Explorer* untuk pengesetan komunikasi dan protokol, *Citect Project Editor* untuk pengisian *variable tag*, dan *alarm*, *Citect Graphic Builder* untuk merancang tampilan, *Cicode Editor* untuk pembuatan program alur kerja sistem, dan *Citect Run Time* untuk menjalankan program secara keseluruhan. Hasil perancangan menunjukkan bahwa keseluruhan simulasi HMI gardu induk terdiri dari beberapa tampilan yaitu ; kondisi PMT dan PMS pada sisi 150 kV dan 20 kV, alat ukur tegangan, arus, frekuensi, dan *annunciator* sistem proteksi transformator dan saluran transmisi memiliki indeks validitas 1 sehingga dapat disimpulkan bahwa HMI ini dapat digunakan sebagai simulator pengoperasian dan pemeliharaan gardu induk 150 kV.

Kata kunci : Simulator, Gardu Induk, HMI, Citect Scada

ABSTRACT

Design of 150 kV Substation Simulator Human Machine Interface.

Simulator is needed as a means for operators to understand the working principle of power systems such as generators, substations, or distribution systems. With its simulator provides a solution to perform repetitive operation of the equipment, which is not possible on the actual equipment because it will interfere with the system as a whole. Large investment cost becomes an obstacle to realize a simulator. The purpose of this research is to design the operating and maintenance of 150 kV portable substation simulator using Citect SCADA software. The research method is done by doing direct observation to Substation, SOP review and design of HMI with Citect SCADA software. Design reference display, measurement parameters, and alarm are performed based on single line diagram, equipment data and operating procedure of PMT and PMS substation of Lubuk Alung Transmission Unit of PLN P3B Sumatera. The design of HMI in Citect SCADA software uses 5 available menus: Citect Explorer for setting communication and protocol, Citect Project Editor for tag variable charging, and alarm, Citect Graphic Builder to design display, Cicode Editor for making system workflow program, and Citect Run Time to run the program as a whole. The design result shows that the entire HMI substation simulation consists of several display that is; condition of PMT and PMS on side of 150 kV and 20 kV, voltage measuring instrument, current, frequency, and annunciator of transformer

protection system and transmission line have validity indeks 1 so it can be concluded that this HMI can be used as a simulator of operation and maintenance of 150 kV substation.

Keywords : (Simulator, Substation, HMI, Citect SCADA)

PENDAHULUAN

Model simulasi banyak digunakan sebagai sarana pemecahan masalah dan sebagai alat bantu dalam pengambilan keputusan [6]. Simulasi merupakan pemodelan suatu sistem sebenarnya dan percobaan langsung dengan model tersebut untuk memahami perilaku dari sistem[4]. Suatu simulasi dapat merepresentasikan keadaan sebenarnya dari suatu peralatan atau sistem untuk meningkatkan pengetahuan dan keterampilan peserta dalam mengoperasikan sistem atau peralatan [5].

Pengetahuan dan keterampilan operator dalam memahami dan mengoperasikan peralatan yang terdapat di gardu induk merupakan faktor penting untuk menjaga kontinuitas pelayanan energi listrik kepada konsumen. Untuk meningkatkan kompetensi operator diperlukan pelatihan tentang pengoperasian peralatan, pemahaman tentang jenis-jenis gangguan dan rele proteksi yang terdapat di gardu induk. Pengoperasian peralatan gardu induk tidak mungkin dilakukan dalam pembelajaran karena akan mengganggu pelayanan penyaluran energi listrik. Berdasarkan hal tersebut, keberadaan simulator sangat diperlukan sebagai media pembelajaran bagi operator untuk memahami prinsip kerja peralatan di gardu induk secara keseluruhan.

Salah satu kendala dalam membangun sebuah simulator adalah besarnya biaya investasi yang harus dikeluarkan untuk pembelian perangkat baik *hardware* maupun *software*. *Software Citect SCADA* merupakan salah perangkat lunak yang digunakan untuk membangun sistem otomasi, monitoring dan kontrol / sistem SCADA pada sistem tenaga listrik seperti di pembangkit, gardu induk, dan sistem distribusi. Di unit PT PLN (Persero) UDIKLAT PADANG, *software Citect SCADA* telah digunakan untuk membangun simulator pengoperasian Turbin-Generator PLTA Singkarak, PLTA Besai, PLTA Timo dan

PLTA Jelok, dimana integrasi data base yang terdapat dalam *software Citect SCADA* adalah dengan PLC melalui jaringan LAN. Karena integrasi tersebut maka simulator tersebut terbatas penggunaannya selama pengguna berada diruangan laboratorium. Pada *software Citect SCADA* tersedia fasilitas untuk menjalankan simulasi tanpa terhubung dengan PLC (simulasi di komputer yaitu dengan fasilitas *memory I/O device* dengan memanfaatkan menu *Cicode*. Dalam penelitian ini dilakukan perancangan *HMI* simulator gardu induk yang bisa memodelkan pengoperasian PMT dan PMS, alat ukur, alarm dan *annunciator* sistem proteksi transformator dan saluran transmisi dengan memanfaatkan konfigurasi *Cicode*, *Citect Project Editor*, dan *Citect Graphic Builder* yang terdapat dalam *software Citect SCADA*. Dengan adanya simulator tersebut maka diharapkan operator dapat menggunakannya secara *portabel* tidak hanya terbatas di laboratorium.

TEORI

Simulasi merupakan suatu prosedur kuantitatif yang menggambarkan sebuah sistem, dengan mengembangkan sebuah model dari sistem tersebut dan melakukan sederatan uji coba untuk memperkirakan perilaku sistem pada kurun waktu tertentu[8]. Simulasi sangat diperlukan apabila ; merupakan satu-satunya yang dapat digunakan untuk mengatasi masalah jika sistem nyata sulit diamati secara langsung, solusi analitik tidak bisa dikembangkan karena sistem sangat kompleks, dan pengamatan sistem tidak mungkin dilakukan karena sangat mahal, memerlukan waktu yang lama, atau akan merusak sistem yang sedang berjalan[8].

Gardu induk merupakan suatu sistem peralatan listrik hubung-bagi tegangan tinggi yang berfungsi untuk menyalurkan dan mengendalikan daya listrik dengan

menggunakan peralatan antara lain busbar, transformator tenaga, pemutus tenaga (PMT), pemisah (PMS), transformator arus (CT), transformator tegangan (PT), *arrester* (LA) dan sarana pendukung lainnya termasuk penyulang 20 kv[7].

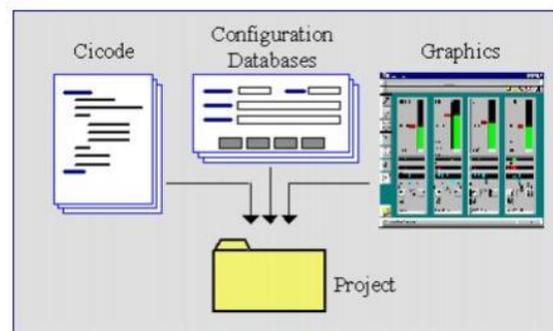
Sistem SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) digunakan untuk memonitor dan mengendalikan peralatan-peralatan penting di sistem smart grid, oil dan gas, pembangkit listrik, transmisi dan sistem transportasi[1]. Dalam sistem SCADA terdapat terdapat *Human Machine Interface (HMI)* yang merupakan kumpulan dari layar, tampilan grafik, sakelar-sakelar, keyboard, dan peralatan lainnya yang digunakan oleh operator untuk memonitor dan melakukan interaksi dengan sistem SCADA [2]. Perancangan HMI sangat erat kaitannya dengan kemampuan untuk mendesign tampilan yang bagus dan mudah untuk dibaca dan dipahami. Terdapat 4 konsep dasar untuk merancang tampilan yang baik yaitu 1). *Contrast* ; kontras antara 1 bagian dengan bagian lainnya, 2). *Repetition* ; pengulangan komponen, 3). *Aligment* ; setiap bagian memiliki hubungan dengan bagian lainnya, 4). *Proximity* ; penempatan elemen yang sejenis dalam satu bagian. Untuk merancang sebuah HMI yang efektif, maka jawaban dari pertanyaan berikut harus dilakukan 1). Penempatan data kuantitatif, informasi apa yang paling diperlukan oleh operator, 2). Cara apa yang terbaik untuk menampilkan data kepada operator, 3). Bagaimana pengaturan seluruh informasi, 4). Informasi apa yang paling penting untuk diperhatikan[10]

Citect SCADA merupakan *software* yang digunakan untuk membangun *HMI*. Dalam *software* ini terdapat 5 menu yaitu *Citect Explorer*, *Citect Project Editor*, *Citect Graphics*, *Cicode Editor*, dan *Citect Run Time*. *Citect Explorer* merupakan bagian yang digunakan untuk menuliskan dan mengatur *project*. Pada *Citect Explorer* dapat digunakan untuk mengatur konfigurasi bagian *Citect Project Editor* dan *Citect Graphics Builder*. *Citect Projec Editor* merupakan bagian yang digunakan untuk menuliskan dan mengatur seluruh data base yang digunakan. *Citect Graphics Builder* merupakan bagian yang digunakan untuk membuat tampilan

peralatan, trend, dan alarm. *Citect* menyediakan gambar standar yang dapat digunakan langsung, sedangkan untuk gambar yang belum tersedia dapat ditambahkan dengan membuat gambar sendiri pada menu ini[9].

Cicode merupakan bahasa pemrograman yang mempunyai struktur bahasa seperti *Visual Basic* atau bahasa C. *Cicode* dirancang untuk digunakan untuk memonitor dan mengontrol peralatan. Melalui *Cicode* seluruh data/variabel seperti *variable tags*, *alarm*, *trend*, dan *report* dapat diakses. *Cicode Function* merupakan salah satu bentuk program sederhana, kumpulan beberapa pernyataan, variabel, dan operator, dan beberapa fungsi lainnya. *Cicode Function* dalam bentuk kompleks dapat memberikan tugas dan fungsi tersendiri di setiap halaman yang telah dibuat di *Citect Graphics Builder* [9].

Konfigurasi *project* dalam *Citect Scada* adalah terdiri dari halaman gambar (*graphics pages*), konfigurasi *data base*, dan *cicode files*. Hubungan ketiga bagian tersebut adalah seperti ditunjukkan pada gambar berikut :

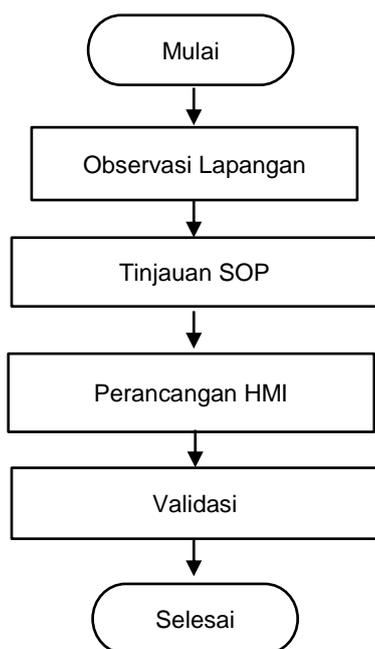


Gambar 1. Konfigurasi *Project* dalam *Citect SCADA*

Graphics page merupakan halaman yang akan menjadi tampilan status dan kondisi *plant*. Pada halaman ini juga terdapat tombol kontrol dan perintah yang dapat digunakan oleh operator untuk mengontrol proses peralatan[9].

METODOLOGI

Metode perancangan *HMI* gardu induk 150 kV terdiri atas 3 tahapan seperti ditunjukkan gambar 2. Tahapan pertama yaitu observasi langsung ke lapangan dengan kunjungan langsung ke ruangan kontrol (*control room*) gardu induk 150 kV Lubuk Alung Unit Pelayanan Transmisi P3B Sumatera untuk melihat tampilan informasi yang dibutuhkan oleh operator yaitu *single line diagram* gardu induk sisi 150 kV dan 20 kV, panel alat ukur tegangan, arus, dan frekuensi *incoming* dan *out going feeder*, serta *annunciator* proteksi transformator daya dan saluran transmisi. Tahapan berikutnya adalah mempelajari seluruh SOP pengoperasian PMT dan PMS saat pelepasan dan penormalan. Tahapan selanjutnya adalah perancangan *HMI* pada *software Citect SCADA*.

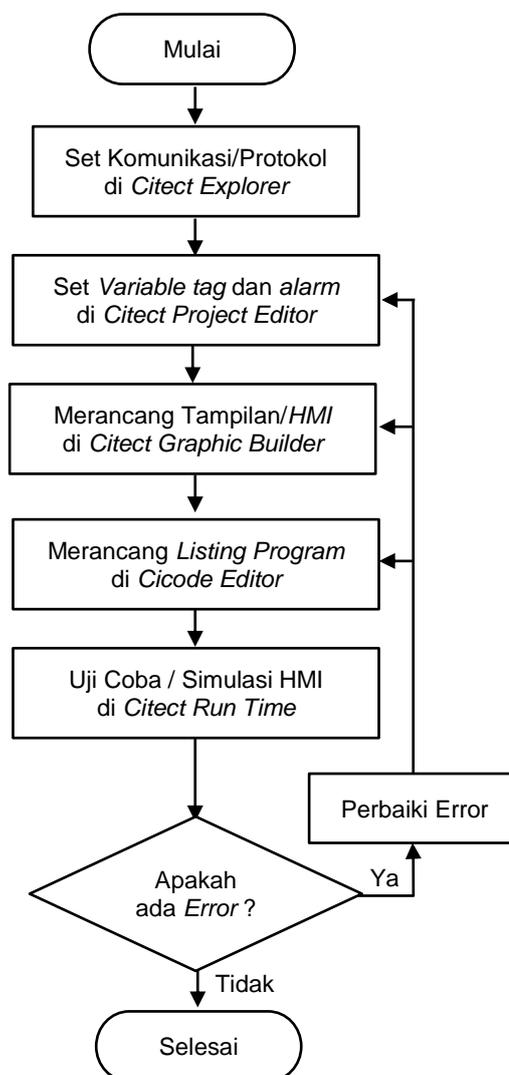


Gambar 2. Tahapan Penelitian

Hasil observasi lapangan dan tinjauan SOP diperoleh bagian penting tampilan *HMI* yang diperlukan oleh operator dalam rangka memahami prosedur pengoperasian PMT, PMS, dan *annunciator*. Tampilan tersebut adalah ; 1). Operasi Normal, 2). Pemeliharaan Tahunan *Couple Bus* 150 kV pelepasan dan penormalan, 3). Pemeliharaan Tahunan *Bay* Transformator I 150 kV (20MVA) dan Kubikel 20 kV pelepasan dan penormalan, 4). Pemeliharaan Tahunan *Bay*

Transformator II 150 kV 10MVA) dan Kubikel 20 kV pelepasan dan penormalan, 5). Pemeliharaan Tahunan *Bay Line* 150 kV PHT Pauh Limo pelepasan dan penormalan, 6). Pemeliharaan Tahunan *Bay Line* 150 kV PHT PIP pelepasan dan penormalan, 7). Pemeliharaan Tahunan *Bay Line* 150 kV PHT Maninjau I pelepasan dan penormalan, 8). Pemeliharaan Tahunan *Bay Line* 150 kV PHT Singkarak I pelepasan dan penormalan, 9). Nilai Tegangan, Arus, Frekuensi seluruh *incoming feeder* 150 kV, *out going feeder* 150 kV, dan *out going feeder* 20 kV, 10). *Annunciator* Sistem Transmisi, 11). *Annunciator* transformator 20 MVA.

Tahapan perancangan *HMI* pada *software Citect SCADA* adalah sesuai dengan diagram alir yang terdapat pada gambar 3 berikut :



Gambar 3. Flowchart Perancangan *HMI* pada *software Citect SCADA*

Software Citect SCADA telah menyediakan gambar-gambar standar pada library yang dapat langsung digunakan menjadi tampilan. Dalam penelitian ini tidak seluruh gambar pada HMI tersedia pada library sehingga harus di gambar terlebih dahulu untuk seterusnya dapat disimpan di digunakan seperti simbol PMT, PMS, dan annunciator.

Sebagaimana telah dijelaskan pada bagaian teori bahwa konfigurasi project adalah keterkaitan antara graphics, variable tag, dan cicode maka keseluruhan gambar, besaran listrik, dan annunciator hanya akan dapat disimulasikan jika sudah didefinisikan nama nya dalam variable tag. Nama, tipe, dan alamat setiap variable tag adalah seperti yang ditunjukkan pada tabel 1 berikut ;

Tabel 1. Variabel Tag

Name	Type	Address
PMT 1-9	digital	00001-00009
PMS 1-24	digital	000010-000033
GND 1-6	digital	000037-000042
PMT 10-20	digital	000078-000088
PMS 25-30	digital	000089-000094
GND 7-10	digital	000058-000061
Teganganm 1-2	integer	400012-400013
Tegangans 1-2	integer	400014-400015
Arusm 1-2	integer	400020-400021
Aruss 1-2	integer	400010-400011
Frekuensim 1-2	integer	400016-400017
Frekuensis 1-2	integer	400018-400019
TeganganP5	integer	400053
TeganganPIP	integer	400054
TeganganPK	integer	400022
TeganganSCCN	integer	400023
TeganganLA	integer	400024
TeganganPSUSG	integer	400025
TeganganPT20KV	integer	400026
TeganganPS50KVA	integer	400027
TeganganMIA	integer	400028
TeganganPS160kVA	integer	400029
TeganganPRM	integer	400030
ArusP5	integer	400031
ArusPIP	integer	400032
ArusPK	integer	400033
ArusSCCN	integer	400034
ArusLA	integer	400035
ArusPSUSG	integer	400036
ArusPT20KV	integer	400037
ArusPS50KVA	integer	400038
ArusMIA	integer	400039
ArusPS160kVA	integer	400040
ArusPRM	integer	400041
FrekuensiP5	integer	400042
FrekuensiPIP	integer	400043
FrekuensiPK	integer	400044
FrekuensiSCCN	integer	400045
FrekuensiLA	integer	400046

FrekuensiPSUSG	integer	400047
FrekuensiPT20KV	integer	400048
FrekuensiPS50KVA	integer	400049
FrekuensiMIA	integer	400050
FrekuensiPS160kVA	integer	400051
FrekuensiPRM	integer	400052
AL24DCFAULT	digital	0000167
AL110DCFAULT	digital	0000168
ALVTSCNDRFAULT	digital	0000169
AL150KVMTRFAUT	digital	0000170
ALSF61STAGE	digital	0000171
ALSF62STAGE	digital	0000172
AL150CBPOLEDISC	digital	0000173
AL150CBMTROVE	digital	0000174
AL150ISOSLC	digital	0000175
ALBREAKFAILRET	digital	0000176
ALDISPROTRIP	digital	0000177
ALDISOUTSERV	digital	0000178
ALPLCEQFAULT	digital	0000179
ALRECLCYCLE	digital	0000180
ALRECLBLOCK	digital	0000181
ALSPARE	digital	0000182
ATR30MT	digital	0000183
ATRGCB52PFAULT	digital	0000184
ATR48LR1	digital	0000185
ATRRESISTNGR	digital	0000186
ATRMCCBTRIP	digital	0000187
ATR150ATMTRFLT	digital	0000188
ATROLTCTRIP	digital	0000189
ATROILTEMPTRIP	digital	0000190
ATRSUPPLYFAULT	digital	0000191
AL	digital	0000192
Atr	digital	0000193

Untuk mengatur urutan bekerja PMT dan PMS yang sesuai dengan SOP maka di setiap halaman tampilan HMI digunakan Cicode function baik pada saat pelepasan maupun penormalan sistem kembali. Gambar 4 berikut menunjukkan penggunaan Cicode function pada halaman Pemeliharaan Tahunan Bay Line 150 kV PHT Singkarak I pelepasan dan penormalan.

```

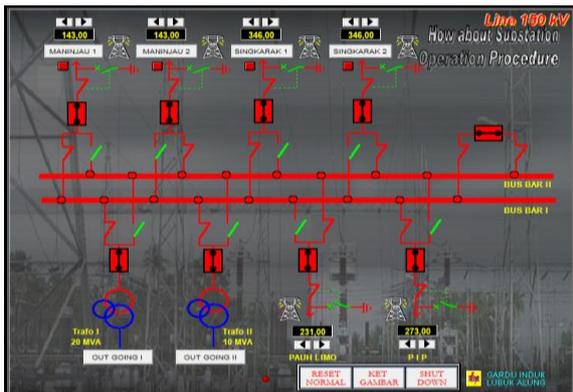
FUNCTION lineSINGKARAK1 ()
    IF pms7=1 THEN pms8=pms8; ELSE pms8=1 END
    IF pms8=0 THEN pms11=pms11; ELSE pms11=0 EN
    IF pms11=1 THEN pms12=pms12; ELSE pms12=1 E
    IF pms12=0 THEN pms19=pms19; ELSE pms19=0 E
    IF pms19=1 THEN pms20=pms20; ELSE pms20=1 E
    IF pms20=0 THEN pmt5=pmt5; ELSE pmt5=1 END
    IF pmt5=0 THEN pms13=pms13; ELSE pms13=1 EN
    IF pms13=0 THEN pms14=pms14; ELSE pms14=1 E
    IF pms14=0 THEN pmt3=pmt3; ELSE pmt3=1 END
    IF pmt3=0 THEN pms9=pms9; ELSE pms9=1 END
    IF pms9=0 THEN S1=S1; ELSE S1=1 END
    
```

Gambar 4. Penulisan Bahasa Pemrograman pada Cicode Editor

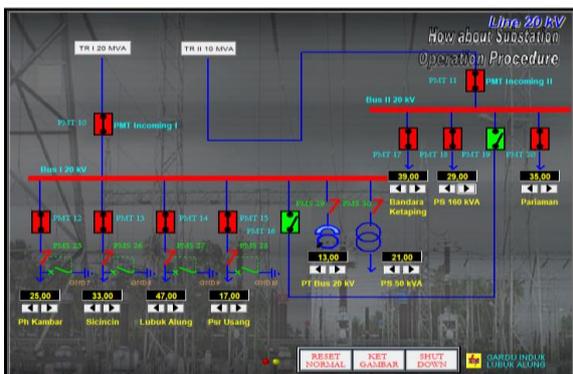
Teknik validasi yang digunakan untuk mengukur sejauh mana validitas keseluruhan simulasi yang dapat dilakukan adalah dengan teknik *event validity*. *event validity* merupakan teknik validitas dengan membandingkan kesamaan antara pemodelan pada simulasi dengan keadaan yang seharusnya terjadi pada peralatan yang sesungguhnya nya[6]. Dari hasil perbandingan tersebut dapat dibuatkan persentase kevalidan simulasi terhadap keadaan yang sebenarnya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Simulasi tampilan *HMI* dilakukan pada *Citect Run Time*. Setelah di run tidak terdapat *error* baik pada *variable tag*, *graphics builder*, maupun pada *Cicode*. Hal ini mengindikasikan bahwa keterkaitan atau konfigurasi ketiga komponen tersebut dalam perancangan *HMI* sudah sesuai dengan aturan yang berlaku pada *software Citect SCADA*.



Gambar 5. Tampilan Sisi 150 kV dalam keadaan Normal

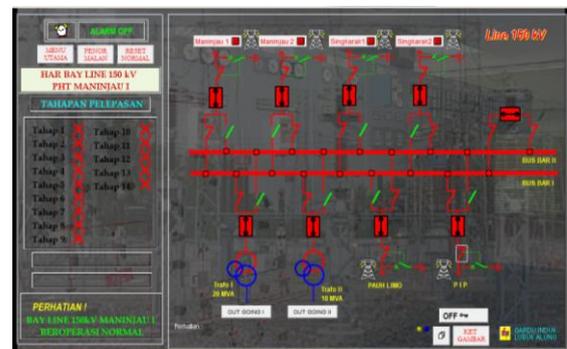


Gambar 6. Tampilan Sisi 20 kV dalam keadaan Normal

Gambar 5 dan gambar 6 menunjukkan tampilan *single line diagram* gardu induk pada

sisi 150 kV dan sisi 20 kV dengan posisi PMT dan PMS dalam keadaan normal. Warna tampilan telah disesuaikan dengan aturan yang berlaku di PLN yaitu line yang berwarna merah adalah sistem 150 kV dan line yang berwarna biru adalah sistem 20 kV. Pada halaman ini dilengkapi dengan tombol bantuan untuk mengetahui nomor PMT dan PMS yang akan menjadi acuan urutan pembukaan dan penutupan pada saat pengoperasian.

Gambar 7 dan gambar 8 merupakan tampilan untuk melakukan simulasi pengoperasian PMT dan PMS pada saat Pemeliharaan Bay Line 150 kV PHT Maninjau I. Gambar 7 menunjukkan tampilan sebelum dilakukan pembukaan PMT dan PMS sesuai dengan SOP. Pada bagian kiri terlihat ada 14 tahapan yang harus dilakukan oleh operator. Dalam simulasi ini jika terdapat kesalahan dalam tahapan tersebut maka di kotak bagian bawah tahapan pelepasan akan muncul informasi **"SALAH PROSEDUR"** sehingga operator mengetahui bahwa urutan pembukaan atau penutupan PMT yang sedang dilakukan tidak sesuai dengan SOP yang berlaku.



Gambar 7. Tampilan Sisi 150 kV Sebelum Tahapan Pelepasan PMT dilaksanakan



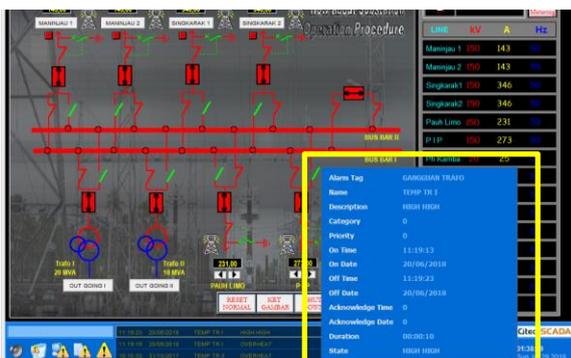
Gambar 8. Tampilan Sisi 150 kV Setelah Seluruh Tahapan Pelepasan PMT dilaksanakan

Sedangkan gambar 8 merupakan tampilan sisi 150 kV ketika seluruh tahapan dilakukan dengan benar sesuai SOP yang berlaku. Disisi kiri terlihat seluruh tahap 1 sampai tahap 14 sudah berubah warna dari bentuk silang berwarna merah menjadi centang berwarna hijau. Pada *single line diagram* terlihat bahwa bagian yang sedang dilakukan pemeliharaan ditandai dengan kotak berwarna kuning dan bagian yang tidak bertegangan berwarna hijau.

ANNUNCIATOR FOR TRANSMISSION LINES			
24 DC FAULT	110 DC FAULT	VT SECONDARY MCB FAULT	150 KV APR MOTOR FAULT
150KV CB LOW PRESSURE SP6 1ST STAGE	150KV CB LOW PRESSURE SP6 2ND STAGE	150KV CB POLE DISCREPANCY	BREAKER FAILURE PROTECTION TRIP
DISTANCE PROT TRIPPING	DISTANCE PROT OUT OF SERVICE	PLC EQUIPMENT FAULT	150 KV CB MOTOR OVER RUN
150 KV ISOLATING SWITCH ON LOCAL CONTROL	AUTO RECLOSER CYCLE	AUTO RECLOSER BLOCK	SPARE
MENU UTAMA			
ANNUNCIATOR FOR POWER TRANSFORMER			
51PI	52P2	96H1	30 MT
87T1	51GN	96L1	GCB 52P FAULT
48LR1	RESISTANCE NGR	MCCB TRIP F3Q4	150 HV KV APR MOTOR FAULT
WINDING PRESSURE OLTC TRIP	OIL TEMP TRIP	OVER PRESSURE RELAY TANK TRIP	SUPPLY FAULT

Gambar 9 Tampilan *annunciator* sistem transmisi dan transformator daya

Gambar 9 menunjukkan *annunciator* berupa jenis gangguan yang terdapat pada sistem transmisi dan transformator daya. Terdapat 32 jenis indikator gangguan yang harus dikenali oleh operator pada sistem transmisi dan transformator. Warna kuning pada salah satu kotak pada gambar 9 menunjukkan bahwa terjadi gangguan pada sistem transmisi yaitu rele proteksi (rele jarak) *trip*.



Gambar 10 Tampilan *Alarm*

Gambar 10 menunjukkan *pop-up* yang memberikan informasi kepada operator tentang seluruh kejadian yang digolongkan sebagai *alarm*. *Alarm* akan aktif apabila terjadi kenaikan temperatur pada transformator di atas kondisi normal atau pada saat bekerjanya salah satu rele proteksi yang mengamankan transformator maupun sistem transmisi. Pada *pop-up* menu atau pada halaman *alarm*, operator dapat melihat data logging jenis gangguan yang pernah terjadi lengkap dengan waktu mulai gangguan sampai waktu normal kembali.

Hasil uji validitas keseluruhan simulasi yang telah dilakukan dibandingkan dengan kejadian yang seharusnya terjadi sesuai dengan SOP terlihat pada tabel 2 berikut :

Tabel 2 : Hasil Uji *Event Validity*

Tampilan	SOP	Simulasi
Har Couple Bus 150 kV	1	1
Har Bay Transformator I 150 kV	1	1
Har Bay Transformator II 150 kV	1	1
Har Bay Line 150 kV PHT Pauh Limo	1	1
Har Bay Line 150 kV PHT PIP	1	1
Har Bay Line 150 kV PHT Maninjau I	1	1
Har Bay Line 150 kV PHT Singkarak I	1	1
Annunciator Sistem Transmisi	1	1
Annunciator Transformator	1	1
Total	9	9

Dari tabel 2 tersebut terlihat bahwa keseluruhan tahapan pada tampilan *HMI* sesuai dengan SOP yang berlaku sehingga dapat disimpulkan bahwa validitas simulasi adalah 100% atau indeks 1.

KESIMPULAN

Dari hasil dan pembahasan yang telah diuraikan maka dapat ditarik kesimpulan antara lain :

1. Kesesuaian antara *Variable Tag*, *Graphics Builder* dan *Cicode* merupakan poin penting yang harus diperhatikan dalam membangun simulasi pada software Citect SCADA karena jika ada

komponen pada graphics builder yang tidak diidentifikasi pada *Variable Tag* akan menyebabkan terjadinya *error* pada saat program di *compile* / di *run* .

2. Dengan indeks validitas 1 terlihat bahwa keseluruhan simulasi pada *HMI* dapat digunakan sebagai simulator portable bagi operator karena urutan/tahapan pelepasan atau penutupan PMT dan PMS sesuai dengan SOP yang berlaku.
3. Dengan adanya simulator *portable* ini merupakan salah satu solusi sehingga operator dapat belajar setiap saat melalui komputer mereka masing-masing dan merupakan solusi pembelajaran karena ketidakmungkinan pengoperasian PMT/PMS yang sesungguhnya pada gardu induk karena akan menyebabkan terputusnya pelayanan kontinuitas penyaluran energi listrik ke konsumen.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terima kasih disampaikan kepada seluruh pihak yang telah membantu dalam penelitian ini :

1. Ir. Noerdayanto selaku Manajer PT. PLN (Persero) Unit Pendidikan dan Pelatihan Padang.
2. Ir. Jhon Iskandar selaku Deputy Manajer Evaluasi dan Sertifikasi PT. PLN (Persero) Unit Pendidikan dan Pelatihan Padang.
3. Honzo Fabiola selaku Supervisor Evaluasi dan Sertifikasi PT. PLN (Persero) Unit Pendidikan dan Pelatihan Padang.
4. Ir. Neripet selaku Kepala Tragi Padang.
5. Syaiful Bakhri, S.T, M.Eng.Sc, Ph.D selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro Universitas Pamulang.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Sajid Nazir A,B, Shushma Patel A , Dilip Patel A Assessing And Augmenting SCADA Cyber Security: A Survey Of Techniques, Sciencedirect, Computers & Security 70 (2017) 436–454

[2] Bill Hollifield, A High Performance Hmi, Presented At The 2012 Isa Water & Wastewater And Automatic Controls Symposium Holiday Inn Castle Resort, Orlando, Florida, Usa – Aug 7-9, 2012 – www.isawwsymposium.com

[3] Naiara Moreira N, Elías Molina, Jesús Lázaro, Eduardo Jacob, Armando Astarloacyber-Security In Substation Automation Systems Renewable And Sustainable Energy Reviews 54 (2016) 1552–1562

[4] Tuncer Oren, Modeling And Simulation Body Of Knowledge, 2010

[5] Ricki G Ingalls, Introduction To Simulation, Proceeding Of The 2008 Winter Simulation Conference

[6] Robert G Sargent, Verification And Validation Of Simulation Model, Proceeding Of The 2011 Winter Simulation Conference

[7] Pedoman Pembangunan Gardu Induk 66 kv Minimalis SPLN T.5005:2014

[8] Ratih Setyaningrum, Hanna Lestari Karakteristik Model Dan Struktur Model,

[9] Citect Scada help

[10] Human Machine Interface (Hmi) Design, Paul Gruhn, P.E. 66th Annual Instrumentation Symposium for Process Industri, 2011

[11] 1 Hour Quick Start Tutorial, Citect HMI, Citect Scada