

Implementasi GOOSE (IEC61850) pada Sistem Otomasi Gardu Induk di PLN UPDL Semarang

Muhammad Said Al Manshury¹

PT PLN (Persero) Unit Pelaksana Pendidikan dan Pelatihan (UPDL) Semarang¹

m.said@pln.co.id¹

ABSTRACT

PLN has implemented a lot of Substation Automation Systems (SAS), especially at new substations or extension new bays to conventional substations. The Implementation of SAS cannot be separated from the IEC 61850 protocol which is a standard protocol in SAS. One of the important communications in the IEC 61850 protocol is GOOSE (Generic Object Oriented Substation Event). In GOOSE known GOOSE publisher and GOOSE subscriber. The steps taken in this research are literature review, configuration of GOOSE publisher, GOOSE subscriber, and testing. Based on the results of the testing that have been carried out at the SCADA PLN UPDL Semarang laboratory, the results obtained that the GOOSE publisher (Schneider protection IED type P141) can send data to the ethernet network (IEC 61850) and the GOOSE subscriber (Siemens IED controller / BCU type 7SJ642) can receive data from GOOSE publisher. This GOOSE can be implemented on IEDs that both support IEC 61850 even though they are from different brands / manufacturers. For its implementation in the field, GOOSE can be used for interlocking, tripping, blocking and others, this GOOSE replaces the hardwire. With the implementation of GOOSE on the Substation Automation System, it is expected to reduce the costs and time for the hardwire installation. In this research, it can be concluded that GOOSE (Generic Object Oriented Substation Event) was successfully implemented in the SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) laboratory at PLN UPDL Semarang.

Keywords : GOOSE (Generic Object Oriented Substation Event), IEC 61850, SAS (Substation Automation System)

INTISARI

PLN sudah banyak menerapkan Sistem Otomasi Gardu Induk (SOGI), khususnya pada gardu induk baru ataupun penambahan bay baru pada Gardu Induk konvensional. Penerapan SOGI ini tentunya tidak lepas dari protokol IEC 61850 yang merupakan protokol standar pada SOGI. Salah satu komunikasi yang penting dalam protokol IEC 61850 ini adalah GOOSE (*Generic Object Oriented Substation Event*). Dalam GOOSE dikenal GOOSE *publisher* dan GOOSE *subscriber*. Langkah yang dilakukan dalam penelitian ini adalah kajian literatur, konfigurasi GOOSE *publisher*, GOOSE *subscriber*, dan pengujian. Berdasarkan uji coba yang telah dilakukan di laboratorium SCADA PLN UPDL Semarang, diperoleh hasil bahwa GOOSE *publisher* (IED proteksi merk Schneider tipe P141) dapat mengirimkan data ke jaringan ethernet (IEC 61850) dan GOOSE *subscriber* (IED controller / BCU merk Siemens tipe 7SJ642) bisa menerima data dari GOOSE *publisher*. GOOSE ini dapat diimplementasikan pada IED yang sama-sama mendukung IEC 61850 walaupun dari merk/pabrikasi yang berbeda. Untuk implementasinya di lapangan, GOOSE dapat digunakan untuk *interlocking*, *tripping*, *blocking* dan lain-lain, di mana GOOSE ini menggantikan *hardwire*. Dengan implementasi GOOSE pada Sistem Otomasi Gardu Induk (SOGI) diharapkan dapat mengurangi biaya dan waktu untuk instalasi *hardwire*. Pada penelitian ini dapat disimpulkan bahwa GOOSE (*Generic Object Oriented Substation Event*) berhasil diimplementasikan di laboratorium SCADA (*Supervisory Control and Data Acquisition*) di PLN UPDL Semarang.

Kata kunci: GOOSE (*Generic Object Oriented Substation Event*), IEC 61850, SOGI (Sistem Otomasi Gardu Induk)

I. PENDAHULUAN

Pada saat ini di PLN sudah banyak menerapkan Sistem Otomasi Gardu Induk (SOGI). SOGI ini dibangun khususnya pada gardu induk baru ataupun

penambahan bay baru pada Gardu Induk konvensional ataupun saat rehabilitasi Gardu Induk. SOGI atau SAS (*Substation Automation System*) adalah sistem untuk mengelola, mengendalikan, dan proteksi sistem tenaga listrik, hal ini dapat dicapai dengan mengambil

informasi *real time* dari sistem, didukung oleh aplikasi *local* dan *remote control* yang handal dan proteksi sistem tenaga listrik [1].

Di PLN, protokol yang wajib digunakan dalam SOGI adalah IEC 61850 [2]. IEC 61850 adalah standar komunikasi untuk Sistem Otomasi Gardu Induk (SOGI). IEC 61850 ini mendefinisikan model informasi dan layanan yang digunakan untuk komunikasi antara *Intelligent Electronic Device* (IED) di gardu induk [3]. IEC 61850 merupakan keluarga standar komunikasi yang menetapkan protokol penamaan perangkat, data dan jaringan komunikasi yang terkait dengan otomatisasi gardu tenaga listrik. Hal ini telah diadopsi oleh utilitas di seluruh dunia untuk komunikasi data di Gardu Induk [4]. Komunikasi yang ada pada IEC 61850 diantaranya MMS (*Manufacturing Message Specification*), GOOSE (*Generic Object Oriented Substation Event*) dan SV (*Sample Value*) [5].

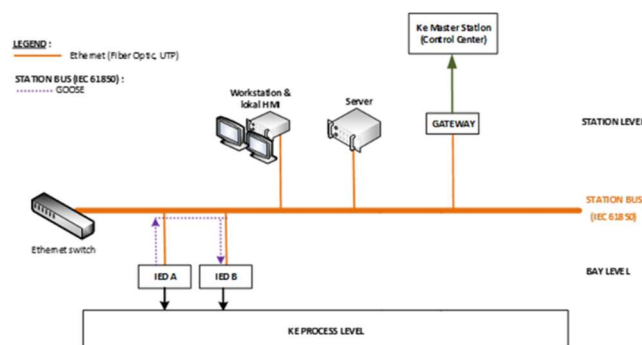
GOOSE digunakan dalam Sistem Otomasi Gardu Induk untuk transfer sinyal antar IED yang lebih cepat. Umumnya, GOOSE mampu mengarahkan sinyal transfer untuk *interlocking* atau *blocking* antar IED [6]. Pada Gardu Induk konvensional, komunikasi antar bay atau antar *device* menggunakan *hardwire*, sedangkan pada Sistem Otomasi Gardu Induk komunikasi antar bay atau antar *device* dapat menggunakan GOOSE [7].

Dalam Sistem Otomasi Gardu Induk, GOOSE dapat difungsikan untuk menggantikan *hardwire* yang digunakan untuk komunikasi antar bay atau antar *device*. Pada Gardu Induk konvensional jika akan mengirimkan suatu status peralatan, menggunakan *hardwire*, sedangkan pada SOGI bisa tanpa *hardwire* tersebut, akan tetapi status tersebut dikirimkan secara digital melalui jaringan ethernet IEC 61850 yaitu dengan GOOSE. Sehingga dengan penggunaan GOOSE ini diharapkan akan lebih efektif dan efisiensi dalam instalasi *hardware* saat pembangunan gardu induk baru atau penambahan bay baru, karena akan menghemat waktu dan biaya instalasi *hardwire*. GOOSE ini dapat dipergunakan untuk *interlocking*, *tripping*, *blocking* dan lain-lain

II. LANDASAN TEORI

Perangkat IED yang berkomunikasi menggunakan GOOSE dapat beroperasi dalam mode *publisher* dan *subscriber*. Operasi pengiriman dan penerimaan GOOSE antar IED ini melalui *ethernet switch* [8].

Pada komunikasi menggunakan GOOSE ada yang bertindak sebagai *GOOSE publisher* dan ada yang bertindak sebagai *GOOSE subscriber*. *GOOSE publisher* adalah IED/*device* yang mengirimkan/menyediakan data sedangkan *GOOSE subscriber* adalah IED/*device* yang menerima/meminta data. *GOOSE message* dapat dilihat pada gambar 1 di bawah ini.



Gambar 1. GOOSE message

Sistem Otomasi Gardu Induk (SOGI) dibagi menjadi 3 level yaitu *station level*, *bay level* dan *process level*. *Station level* terdiri dari *server*, *workstation* dan *gateway*. Sedangkan *bay level* terdiri dari banyak IED (IED proteksi, IED *controller*/BCU, dan IED lainnya). Sedangkan *process level* terdiri dari *Circuit Breaker* (CB), *Disconnecting Switch* (DS), *Earthing Switch* (ES), *Current Transformer* (CT), *Voltage Transformer* (VT) dan peralatan lainnya yang ada di *switchyard*. *Station bus* menyediakan komunikasi antara peralatan di *station level* dengan peralatan di *bay level* [9].

Pada *station level*, *server* digunakan untuk mengambil data (status, pengukuran, dan kontrol) dari IED-IED lewat protokol IEC 61850, sedangkan *workstation* digunakan untuk menampilkan data-data yang sudah dikumpulkan oleh *server*. *Gateway* merupakan *protocol converter*, pada satu sisi menggunakan protokol IEC 61850 dan di sisi lain menggunakan protokol yang lain (contohnya IEC 60870-5-101) [10]. *Gateway* ini digunakan untuk mengambil data (status, pengukuran, dan kontrol) dari IED-IED lewat protokol IEC 61850 dan dikirimkan melalui protokol IEC 60870-5-101 atau IEC 60870-5-104 atau DNP3.

Pada *bay level*, IED digunakan untuk mengambil data (status, pengukuran, dan kontrol) secara langsung ke peralatan yang ada di *process level* (CB, DS, ES, CT, VT dan peralatan lainnya). Pengambilan datanya

ini biasanya menggunakan *hardwire*, sedangkan untuk gardu induk yang sudah digital (*Digital Substation*), pengambilannya menggunakan protokol IEC 61850 (*GOOSE* dan *Sample Value/SV*).

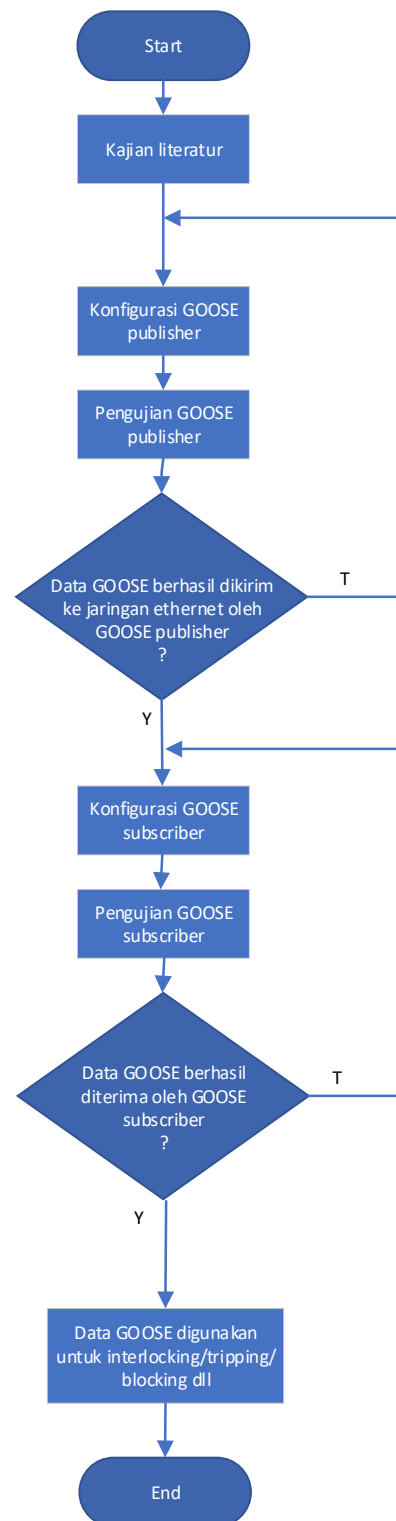
Pada gambar 1 di atas terlihat komunikasi *GOOSE* antara IED A dan IED B, di mana IED A sebagai *GOOSE publisher*, dan IED B sebagai *GOOSE subscriber*. IED A mengambil data secara langsung ke peralatan di *process level* menggunakan *hardwire*. Lalu IED A mengirimkan data tersebut lewat komunikasi digital. Komunikasi digital ini menggunakan protokol IEC 61850 yaitu berupa *GOOSE*. Komunikasi digital ini merupakan salah satu kelebihan dari IEC 61850. Komunikasi digital akan menggantikan *hardwire* (kabel) tradisional antar perangkat [11].

III. METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan melakukan uji coba secara langsung di laboratorium SCADA (*Supervisory Control and Data Acquisition*) di PLN UPDL Semarang, yaitu pada peralatan SOGI (*Sistem Otomasi Gardu Induk*). Langkah yang dilakukan dalam penelitian ini meliputi kajian literatur, konfigurasi *GOOSE publisher*, konfigurasi *GOOSE subscriber*, dan pengujian, seperti yang terlihat pada gambar 2 di bawah ini.

Kajian literatur tentang *GOOSE* (*Generic Object Oriented Substation Event*) dilakukan sebelum melakukan uji coba. Dalam penelitian ini perlu dipelajari juga cara melakukan konfigurasi *GOOSE* pada IED. Baik itu konfigurasi pada *GOOSE publisher* maupun konfigurasi pada *GOOSE subscriber*.

Langkah selanjutnya adalah melakukan konfigurasi pada *GOOSE publisher*. Lalu dilakukan pengujian untuk memastikan bahwa *GOOSE message* berhasil dikirimkan ke jaringan ethernet. Jika belum berhasil, lakukan pengecekan dan lakukan konfigurasi ulang pada *GOOSE publisher*. Jika *GOOSE message* sudah berhasil dikirimkan ke jaringan ethernet, maka dilanjutkan dengan melakukan konfigurasi pada *GOOSE subscriber*. Lalu lakukan pengujian untuk memastikan bahwa *GOOSE message* sudah berhasil diterima oleh *GOOSE subscriber*. Jika data belum diterima oleh *GOOSE subscriber*, lakukan konfigurasi ulang pada *GOOSE publisher*. Jika data sudah diterima oleh *GOOSE subscriber*, maka *GOOSE message* dapat digunakan untuk keperluan seperti *interlocking*, *tripping*, *blocking* dan lain-lain.



Gambar 2. Diagram alir metode penelitian

Masing-masing pabrikan IED, mempunyai *software* dan cara konfigurasi *GOOSE* yang berbeda. Akan tetapi secara umum untuk konfigurasi untuk

GOOSE publisher dan *GOOSE subscriber* adalah sebagai berikut.

Cara konfigurasi *GOOSE publisher* :

1. Tentukan **IED name** (*case sensitive*) : dalam satu jaringan ethernet IEC 61850, masing-masing *IED name* harus unik
2. Tentukan **MAC address** : dalam satu jaringan ethernet IEC 61850, masing-masing *MAC address* IED sebaiknya unik, karena ada beberapa pabrikan yang bermasalah ketika *MAC address*-nya tidak unik.
3. Buat **DataSet** : yang berisi data-data yang akan dikirimkan melalui GOOSE. Data yang dikirimkan melalui GOOSE biasanya berupa *DA/Data Attribute*. Berapa jumlah DataSet dan data apa saja yang dikandung dalam Dataset, dibuat sesuai kebutuhan.
4. Buat **GOOSE** : GOOSE berisi DataSet. Jumlah GOOSE dan DataSet, dibuat sesuai kebutuhan. Tidak seperti *report* pada MMS (di mana 1 *report* hanya bisa untuk 1 *client*), pada GOOSE, 1 GOOSE bisa digunakan untuk banyak *subscriber*.

Cara konfigurasi *GOOSE subscriber* :

1. Ambil file *SCL-Substation Configuration Language* (CID, ICD, IID) dari IED yang menjadi *GOOSE publisher*. File SCL ini merupakan file konfigurasi IEC 61850 dari satu atau beberapa IED yang ada pada SOGI.
2. Import file SCL tersebut menggunakan *software ICT-IED Configurator Tool* (software konfigurator dari IED yang menjadi *GOOSE subscriber*)
3. Pilih GOOSE yang akan diambil : 1 GOOSE bisa digunakan untuk banyak *subscriber*.
4. *Mapping* data yang dikirimkan oleh *GOOSE publisher* ke dalam database/konfigurasi IED yang menjadi *GOOSE subscriber* : *mapping* ini bisa diartikan *mapping* ke *virtual input* yang ada di IED *subscriber*, di mana *virtual input* ini akan diproses lebih lanjut, misalnya untuk *interlocking*, *tripping*, *blocking* dan lain-lain.

Cara setting *GOOSE publisher* dan *GOOSE subscriber* secara umum adalah seperti di atas, akan tetapi teknis pelaksanaan untuk masing-masing pabrikan/merk berbeda-beda.

Selain konfigurasi di atas, parameter-parameter pada GOOSE yang perlu diperhatikan adalah *application ID*, *GOOSE ID* dan *Configuration revision*.

Langkah setelah melakukan konfigurasi adalah pengujian, untuk memastikan hasilnya sesuai dengan yang diharapkan yaitu data (misalnya data status) yang dikirimkan oleh *GOOSE publisher* diterima dengan baik oleh *GOOSE subscriber*. Metode pengujian yang digunakan dalam penelitian ini berbeda dengan penelitian-penelitian sebelumnya yang sudah ada. Pada penelitian sebelumnya untuk melakukan monitoring *GOOSE message*, menggunakan *Logical Node* LGOS (*GOOSE subscription*). *Logical Node* (LN) adalah bagian terkecil dari fungsi yang bertukar data dan LN ini merupakan objek yang ditentukan oleh data dan metodenya. *Logical Node* (LN) ini diatur dalam IEC 61850-7-4 [12]. Dengan menggunakan LGOS dimungkinkan untuk mengawasi *GOOSE message* untuk mendeteksi masalah di *publisher* atau *subscriber* [13]. Penggunaan *Logical Node* LGOS ini sangat memudahkan dalam melakukan supervisi *GOOSE message*, akan tetapi LGOS ini baru ada pada IEC 61850 edisi 2 ke atas dan sifatnya *optional*, artinya tidak semua pabrikan mengimplementasikannya. Sehingga penggunaan LGOS tidak selalu bisa digunakan untuk pengecekan *GOOSE message*, tetapi hanya bisa digunakan pada peralatan IED yang mendukung LGOS.

Sedangkan pada penelitian ini, pengujian *GOOSE message* menggunakan *Logical Node* (LN) GGIO (*Generic process I/O*) di mana LN GGIO ini merupakan *virtual input* pada *GOOSE publisher* yang digunakan untuk menampung data dari *GOOSE message* yang dikirim oleh *GOOSE publisher*. Kelebihan dari pengecekan *GOOSE message* menggunakan LN GGIO ini adalah dapat diterapkan ke semua peralatan IED dan pada semua edisi IEC 61850, karena semua peralatan IED dan semua edisi IEC 61850 mendukung LN GGIO ini.

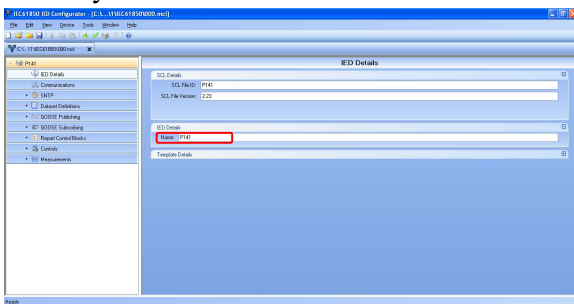
IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Komunikasi GOOSE yang akan diujicobakan dalam penelitian di laboratorium SCADA UPDL Semarang ini adalah komunikasi 2 IED dari pabrikan yang berbeda, yaitu IED proteksi merk Scheneider tipe P141 dengan IED controller (BCU-Bay Control Unit) merk Siemens tipe 7SJ642. Pada penelitian ini IED proteksi merk Scheneider tipe P141 difungsikan sebagai *GOOSE publisher* (pengirim data) dan IED controller (BCU) merk Siemens tipe 7SJ642 difungsikan sebagai *GOOSE subscriber* (penerima data).

Untuk melakukan konfigurasi pada IED proteksi merk Scheneider tipe P141 membutuhkan *software* ICT (*IED Configurator Tool*) yaitu *Micom SI Studio*, sedangkan untuk melakukan konfigurasi pada IED controller (BCU) merk Siemens tipe 7SJ642 memerlukan *software* *Digs*.

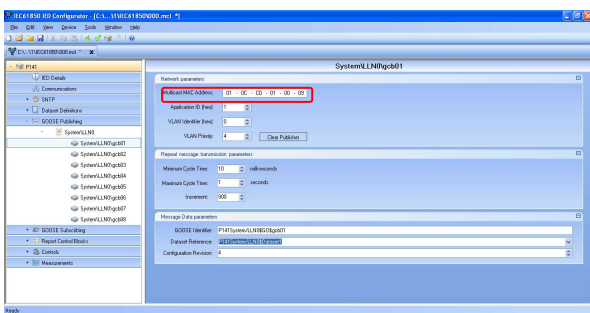
Langkah pertama yang harus dilakukan adalah melakukan konfigurasi pada IED proteksi merk Scheneider tipe P141 sebagai *GOOSE publisher*. Langkah-langkahnya adalah sebagai berikut :

1. Tentukan *IED name* (*case sensitive*) : misal IED name-nya adalah P141.



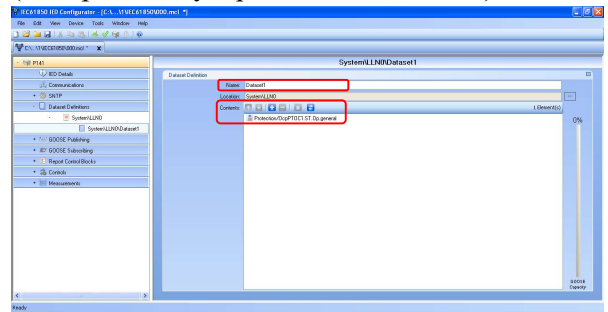
Gambar 3. Konfigurasi - IED name

2. Tentukan *MAC address* : misal *MAC address*-nya adalah 01-0C-CD-01-00-09



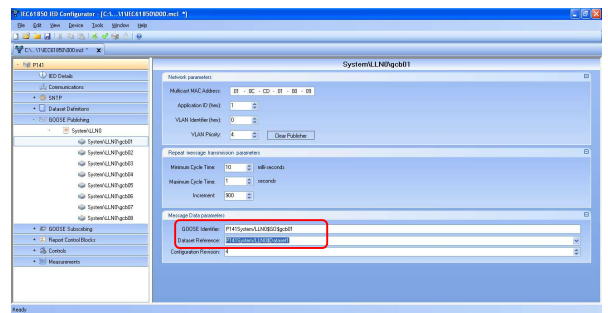
Gambar 4. Konfigurasi – MAC Address

3. Buat *DataSet* dan tambahkan *data-data* ke dalam *DataSet* yang akan dikirimkan melalui GOOSE : misal nama *DataSet*-nya adalah Dataset1, dengan isi data setnya adalah : **Protection/OcpPTOC1.ST.Op.general** (merupakan sinyal proteksi *over current*)



Gambar 5. Konfigurasi - DataSet

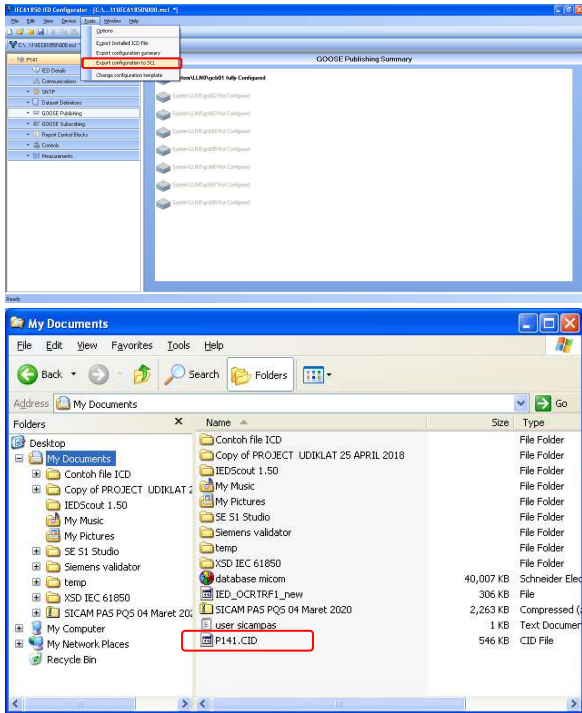
4. Buat GOOSE dan pilih DataSet yang akan dikirimkan melalui GOOSE tersebut



Gambar 6. Konfigurasi - GOOSE

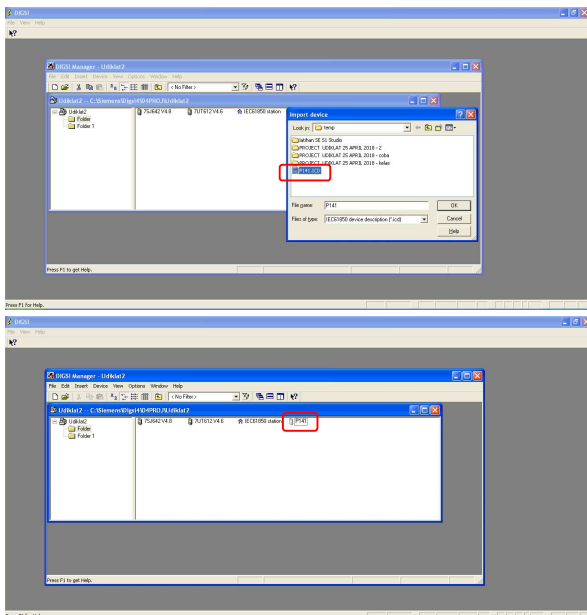
Langkah kedua yang harus dilakukan adalah melakukan konfigurasi pada IED controller (BCU) merk Siemens tipe 7SJ642 sebagai *GOOSE subscriber*. Langkah-langkahnya adalah sebagai berikut :

1. Ambil file *SCL-Substation Configuration Language* (CID, ICD, IID) dari IED yang menjadi *GOOSE publisher*.



Gambar 7. Konfigurasi – Ambil File SCL

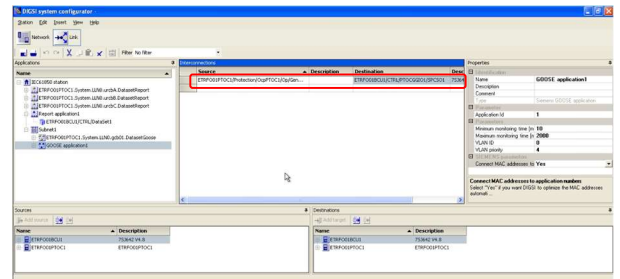
2. Import file SCL tersebut menggunakan *software ICT-IED Configurator Tool* dari *GOOSE subscriber*



Gambar 8. Konfigurasi – Import file SCL

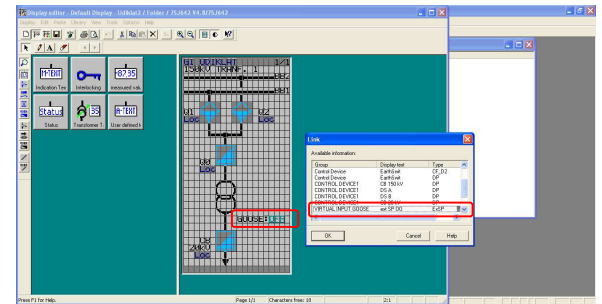
3. Pilih data dari *GOOSE publisher* yang akan diambil, sebagai *source*.

- Data dari *GOOSE publisher* yang akan diambil adalah **P141.Protection.OcpPTOC1.general**
4. Mapping data dari *GOOSE publisher* ke ke *virtual input*, sebagai *destination*.
 Misalnya *virtual input* yang digunakan di *GOOSE subscriber* adalah :
ETRFBCU1.CTRL.PTOCGGIO.SPCSO1



Gambar 9. Konfigurasi – Mapping

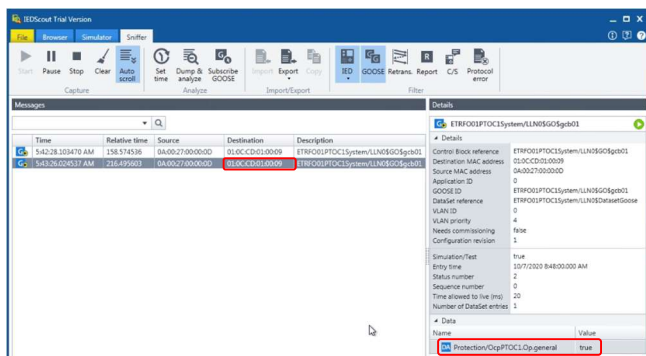
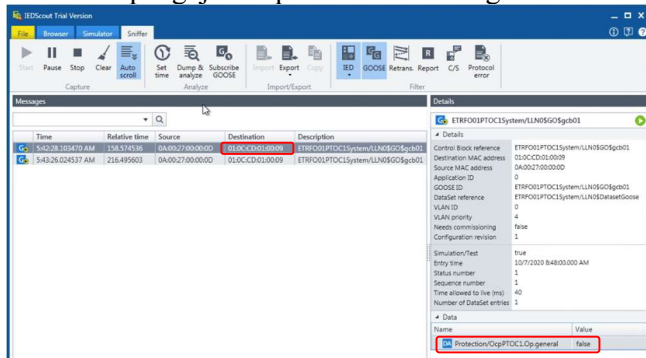
Untuk kebutuhan pengujian, perlu ditambahkan gambar yang mengindikasikan apakah *GOOSE* sudah diterima *GOOSE subscriber* atau belum.



Gambar 10. Indikasi GOOSE

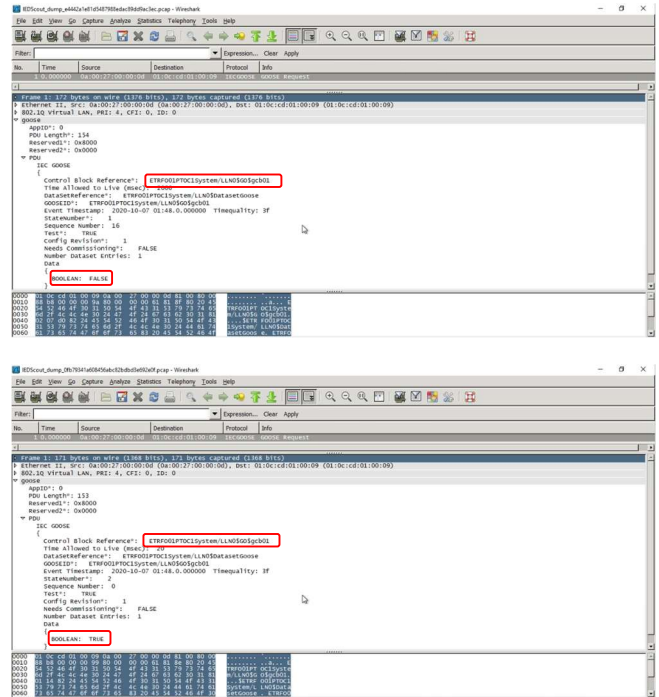
Setelah telah dilakukan konfigurasi di *GOOSE publisher* (IED proteksi merk Schneider tipe P141) dan *GOOSE subscriber* (IED controller/BCU merk Siemens tipe 7SJ642), langkah terakhir adalah melakukan pengujian untuk memastikan bahwa status yang dikirimkan oleh *GOOSE publisher*, sudah diterima dengan baik oleh *GOOSE subscriber*. Pengujian dilakukan dengan cara mengubah-ubah status yang dikirimkan oleh *GOOSE publisher*. Status yang dikirim oleh *GOOSE publisher* adalah **P141.Protection.OcpPTOC1.general**. Status diubah dari OFF (*false*) ke ON (*true*) dan sebaliknya. Lalu dilihat apakah *GOOSE publisher* ini sudah berhasil mengirimkan status tersebut di jaringan ethernet (IEC 61850). *GOOSE* bersifat *multicast*, sehingga jika *GOOSE publisher* ini sudah berhasil mengirimkan status, dapat dilihat di jaringan ethernet menggunakan *protocol analyzer* IEC 61850, misalnya menggunakan

IED scout (menu sniffer) atau menggunakan wireshark. Dari hasil pengujian diperoleh hasil sebagai berikut :



Gambar 11. Pengecekan pengiriman GOOSE ke jaringan ethernet (IEC 61850) menggunakan IED Scout

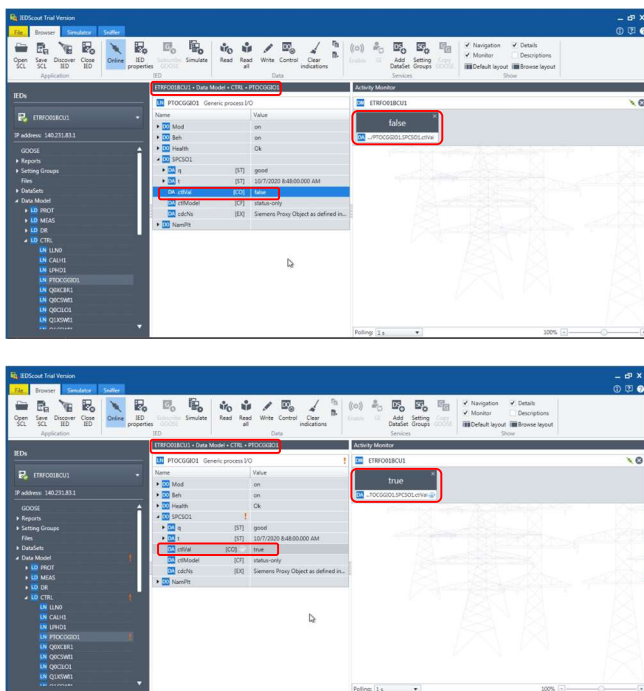
Dari gambar 11 di atas, dapat dilihat melalui software IED Scout bahwa status **P141.Protection.OcpPTOC1.general** berhasil dikirimkan oleh *GOOSE publisher* ke jaringan ethernet (IEC 61850) dari posisi *false* (OFF) menjadi posisi *true* (ON).



Gambar 12. Pengecekan pengiriman GOOSE ke jaringan ethernet (IEC 61850) menggunakan wireshark

Status **P141.Protection.OcpPTOC1.general** berhasil dikirimkan oleh *GOOSE publisher* ke jaringan ethernet (IEC 61850) dari posisi *false* (OFF) menjadi posisi *true* (ON) dapat dilihat juga melalui software wireshark seperti yang terlihat pada gambar 12 di atas.

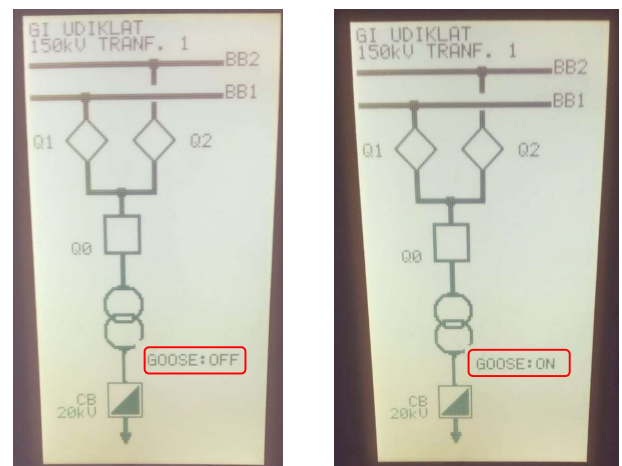
Setelah *GOOSE publisher* berhasil mengirimkan data, perlu diperiksa apakah *GOOSE subscriber* sudah menerima data tersebut atau belum. Untuk melihat apakah data sudah berhasil diterima oleh *GOOSE subscriber*, dapat menggunakan *protocol analyzer* IEC 61850, misalnya menggunakan IED scout (menu browser). Dari hasil pengujian diperoleh hasil sebagai berikut :



Gambar 13. Pengecekan penerimaan GOOSE oleh *GOOSE subscriber* menggunakan IED Scout

Pada saat melakukan konfigurasi di *GOOSE subscriber*, sinyal *GOOSE (P141.Protection.OcpPTOC1.general)* dari *GOOSE publisher* dimapping ke *virtual input (ETRF0BCU1.CTRL.PTOCGGIO.SPCSO1)*. Jadi untuk melihat apakah data sudah berhasil diterima oleh *GOOSE subscriber*, dapat dilihat pada **ETRF0BCU1.CTRL.PTOCGGIO.SPCSO1**. Dari gambar 13 di atas, dapat dilihat bahwa **ETRF0BCU1.CTRL.PTOCGGIO.SPCSO1** berubah dari posisi *false* (OFF) menjadi posisi *true* (ON), mengikuti status **P141.Protection.OcpPTOC1.general** dari *GOOSE publisher*.

Hasil penerimaan GOOSE ini dapat dilihat juga pada tampilan GOOSE di *IED controller* (BCU) merk Siemens tipe 7SJ642 yang sudah disiapkan sebelumnya. Hasilnya adalah sebagai berikut :



Gambar 14. Tampilan indikasi GOOSE

Dari gambar 14 di atas dapat dilihat bahwa status **ETRF0BCU1.CTRL.PTOCGGIO.SPCSO1** pada *GOOSE subscriber* mengikuti status **P141.Protection.OcpPTOC1.general** dari *GOOSE publisher*.

Untuk pengembangan ke depan yang dapat dilakukan terkait penelitian GOOSE ini adalah mengenai waktu pengiriman *GOOSE message*. Sehingga tidak hanya terkait data berhasil dikirimkan tetapi juga memenuhi standar waktu pengiriman *GOOSE message*.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil uji coba yang telah dilakukan , maka dapat disimpulkan bahwa *GOOSE publisher* (IED proteksi merk Scheneider tipe P141) dapat mengirimkan data ke jaringan ethernet (IEC 61850) dan *GOOSE subscriber* (IED *controller*/BCU merk Siemens tipe 7SJ642) bisa menerima data dari *GOOSE publisher*. GOOSE ini dapat diimplementasikan pada IED yang sama-sama mendukung IEC 61850 walaupun dari merk/pabrikannya yang berbeda. Untuk implementasinya di lapangan, GOOSE dapat digunakan untuk *interlocking*, *tripping*, *blocking* dan lain-lain, di mana GOOSE ini menggantikan *hardwire*. Dengan implementasi GOOSE pada Sistem Otomasi Gardu Induk diharapkan dapat mengurangi biaya dan waktu untuk instalasi *hardwire*.

REFERENSI

- [1] PLN, "Bagian 1 Transmisi," in *SPLN S3.005 : 2021 - Spesifikasi Peralatan Remote Station*, PLN, 2021.
- [2] PLN, *SPLN S3.001 : 2021 - Peralatan SCADA Sistem Tenaga Listrik*, PLN, 2021.
- [3] H. León, C. Montez, M. Stemmer and F. Vasques, "Simulation models for IEC 61850 communication in electrical substations using GOOSE and SMV time-critical messages," in *IEEE World Conference on Factory Communication Systems (WFCS)*, 2016.
- [4] P. Rai, A. Mishra and A. Lal, "Smart Grid and IEC 61850," in *International Conference on Intelligent Technologies (CONIT)*, 2021.
- [5] Y. Zheng, R. Dou, X. Liao, X. Tong, M. Geng and J. Wu, "The implement of Multi-IED simulator for intelligent substation," in *5th Chinese Control Conference (CCC)*, 2016.
- [6] 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," in *International Conference on Technology and Policy in Energy and Electric Power (ICT-PEP)*, 2020.
- [7] V. K. Singh, A. S. Thoke and C. P. Awasthi, "Procedures for testing control and protection scheme based on GOOSE messages-methodology and constraints from engineering perspective," in *IEEE 1st International Conference on Power Electronics, Intelligent Control and Energy Systems (ICPEICES)*, 2016.
- [8] T. Bhattacharjee and M. Jamil, "GOOSE Publishing and Receiving Operations of IEC 61850 Enabled IEDs," in *IEEE 1st International Conference on Energy, Systems and Information Processing (ICESIP)*, 2019.
- [9] M. Vadiati, M. Asadi, B. Shahbazi, S. Farzalizadeh, M. Shariati and M. Rassaie, "A new approach for determination of the communication buses architecture based on IEC 61850 in substation automation system," in *International Symposium on Power Electronics, Electrical Drives, Automation and Motion*, 2008.
- [10] J. Lobo, M. Cuenca, D. Gregor, M. Arzamendia, R. Gregor and S. Toledo, "Design and implementation of a gateway between IEC 61850 and IEC 60870-5-101 standards for power electrical systems," in *CHILEAN Conference on Electrical, Electronics Engineering, Information and Communication Technologies (CHILECON)*, 2015.
- [11] K. Gwan-Su and L. Hong-Hee, "A study on IEC 61850 based communication for intelligent electronic devices," in *The 9th Russian-Korean International Symposium on Science and Technology*, 2005.
- [12] PLN, *SPLN S4.008: 2021 - Penamaan Dan Penulisan IEC 61850*, PLN, 2021.
- [13] R. Munos, C. Haspiura and F. Becker, "Recent Enhancements to System Reliability by Implementing IEC 61850 GOOSE and SV Monitoring via LGOS and LSVS Logical Nodes," in *IEEE/PES Transmission and Distribution Conference and Exposition (T&D)*, 2008.