Jurnal ELECTRON, Vol. 4, No.2, November 2023, Hal. 62-69
e-ISSN 2622-6588 / p-ISSN : 2830-523X
Received: 12/09/2023, **Revised:** 07/11/2023, **Accepted:** 14/11/2023

Penggunaan Software Wireshark untuk *Monitoring* dan *Troubleshooting* pada Komunikasi *Client Server* IEC 61850

Muhammad Said Al Manshury[1*]
PT PLN (Persero) Unit Pelaksana Pendidikan dan Pelatihan (UPDL) Semarang[1]
[*]m.said@pln.co.id

ABSTRACT

Transmission data (status, measurement, control) between Substation Automation Systems (SAS) is different from Conventional Substation. Conventional Substation uses cables (hardwired) to transmit data, while SAS transmits data using data communication via an ethernet network, using IEC 61850 protocol. IEC 61850 protocol is currently widely used for communication within substations. Currently SAS has been widely implemented in PLN, where IEC 61850 protocol is the mandatory protocol used in SAS. SAS consists of various kinds of equipment such as: server, gateway, Intelligent Electronic Devices (IED). In SAS maintenance, it is necessary to monitor and troubleshoot IEC 61850 communications to ensure data is sent between the equipment. One of the IEC 61850 communications that is often used is client server communication (report). To monitor IEC 61850 communications, an IEC 61850 protocol analyzer is needed such as IED scout from Omicron, IEC 61850 Test Suite Pro from Trianglemicroworks, IEC 61850 Protocol Test Tool from ASE systems or other IEC 61850 protocol analyzers. All protocol analyzers are paid, while not all PLN units have protocol analyzer software. One alternative software that can be used is Wireshark, this free software can be used to monitor all Ethernet-based communications, including IEC 61850 protocol. In the tests carried out in this research, it can be concluded that wireshark can be used to monitor IEC 61850 communications using "mms" filters and laptop for monitoring is connected on the ethernet switch's port which has been mirrored to ethernet switch's port of SAS equipment to be monitored.

Keywords : IEC 61850, Client Server Communcation, Report, SAS (Substation Automation System), Wireshark

INTISARI

Pengiriman data (status, pengukuran, kontrol) antara Sistem Otomasi Gardu Induk (SOGI) berbeda dengan Gardu Induk Konvensional. GI Konvensional menggunakan kabel (hardwired) untuk mengirimkan data, sedangkan pada SOGI pengiriman data menggunakan komunikasi data via jaringan ethernet yaitu dengan menggunakan protokol IEC 61850. Protokol IEC 61850 saat ini banyak digunakan untuk komunikasi di dalam Gardu Induk. Saat ini SOGI sudah banyak diterapkan di PLN, di mana protokol IEC 61850 adalah protokol mandatory yang digunakan dalam SOGI. SOGI terdiri dari berbagai macam peralatan seperti : server, gateway, Intelligent Electronic Device (IED). Dalam pemeliharaan SOGI perlu dilakukan monitoring dan troubleshooting komunikasi IEC 61850 untuk memastikan data) terkirim antar peralatan tersebut. Salah satu komunikasi IEC 61850 yang sering digunakan diantara adalah komunikasi client server (report). Untuk memonitor komunikasi IEC 61850 tersebut dibutuhkan IEC 61850 protocol analyzer seperti IED scout dari Omicron, IEC 61850 Test Suite Pro dari Trianglemicroworks, IEC 61850 Protocol Test Tool dari ASE systems atau IEC 61850 protocol analyzer yang lainnya. Semua protocol analyzer tersebut berbayar, sedangkan tidak semua unit PLN memiliki software protocol analyzer tersebut. Salah satu software alternatif yang bisa digunakan adalah wireshark, software ini gratis dapat digunakan untuk monitoring semua komunikasi yang berbasis ethernet, termasuk protokol IEC 61850. Dalam pengujian yang dilakukan dalam penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa wireshark dapat digunakan untuk monitoring komunikasi IEC 61850 dengan menggunakan filter "mms" dan laptop untuk monitoring terpasang pada port ethernet switch yang sudah di mirroring ke port ethernet switch dari peralatan SOGI yang akan dimonitor.

Kata kunci: IEC 61850, Komunikasi Client Server, Report, SOGI (Sistem Otomasi Gardu Induk), Wireshark

Jurnal ELECTRON, Vol. 4, No.2, November 2023, Hal. 62-69
e-ISSN 2622-6588 / p-ISSN : 2830-523X
Received: 12/09/2023, **Revised:** 07/11/2023, **Accepted:** 14/11/2023

I. PENDAHULUAN

Saat ini PLN mengoperasikan banyak sekali Gardu Induk. Pada awalnya Gardu Induk yang dibangun adalah Gardu Induk konvensional, seiring perkembangan teknologi maka pada awal tahun 2000-an, PLN sudah menerapkan Sistem Otomasi Gardu Induk (SOGI) 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.

Pengiriman data (status, pengukuran) antara Sistem Otomasi Gardu Induk (SOGI) berbeda dengan Gardu Induk Konvensional. GI Konvensional menggunakan kabel (*hardwired*) untuk mengirimkan data, sedangkan pada SOGI pengiriman data menggunakan komunikasi data via jaringan ethernet yaitu dengan menggunakan protokol IEC 61850. Protokol IEC 61850 saat ini banyak digunakan untuk komunikasi di dalam Gardu Induk, walaupun saat ini juga sudah mulai banyak digunakan untuk komunikasi di luar Gardu Induk (antar Gardu Induk). Di PLN, protokol *mandatory* yang digunakan dalam SOGI adalah IEC 61850 [1]. Standar seri EC 61850 telah diterbitkan selama beberapa tahun dan sudah diterima secara luas [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 *Client server* –(MMS-*Manufacturing Message Specification*), GOOSE (*Generic Object Oriented Substation Event*) dan SV (*Sample Value*) [5].

Manufacturing Message Specification (MMS) banyak digunakan di gardu induk berbasis IEC 61850 untuk meningkatkan proses otomatisasi [6]. Komunikasi *client server* (report) pada IEC 61850 dalam implementasinya menggunakan MMS. 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 [7]. Pada Gardu Induk konvensional, komunikasi antar bay atau antar *device* menggunakan *hardwired*, sedangkan pada Sistem Otomasi Gardu Induk komunikasi antar bay atau antar *device* dapat menggunakan GOOSE [8].

II. LANDASAN TEORI

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* (HMI / Human Machine Interface) 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 menggunakan protokol IEC 61850 dan dikirimkan melalui protokol IEC 60870-5-101 atau IEC 60870-5-104 atau DNP3.

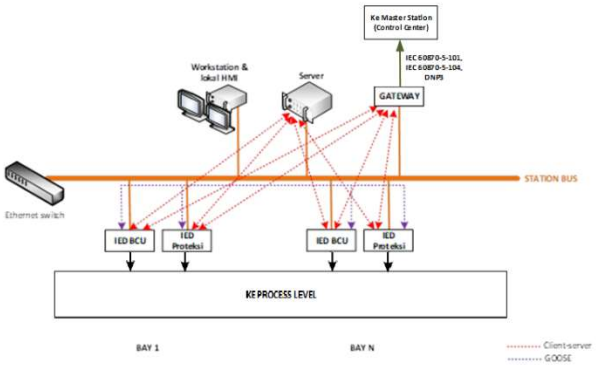
Pada *bay level*, IED digunakan untuk mengambil data (status, pengukuran, dan kontrol) secara langsung ke peralatan yang ada di *process level* (CB, DS, ES, CT, VT dan peralatan lainnya). Pengambilan datanya ini biasanya menggunakan *hardwired,* sedangkan untuk gardu induk yang sudah digital (*Digital Substation*), pengambilannya menggunakan protokol IEC 61850 (GOOSE dan *Sample Value*/SV). GOOSE dan SV telah terbukti sangat andal untuk digunakan dalam berbagai aplikasi [11]. GOOSE menawarkan banyak manfaat, termasuk kecepatan, pengurangan kabel, dan fleksibilitas[12]. GOOSE saat ini sudah berhasil diimplementasikan di banyak gardu induk,

(*) Correspondence Author

Jurnal ELECTRON, Vol. 4, No.2, November 2023, Hal. 62-69
e-ISSN 2622-6588 / p-ISSN : 2830-523X
Received: 12/09/2023, **Revised:** 07/11/2023, **Accepted:** 14/11/2023

sedangkan untuk SV sudah banyak didukung oleh IED dari beberapa vendor [13]

Peralatan dan komunikasi IEC 61850 pada SOGI dapat dilihat pada gambar 1

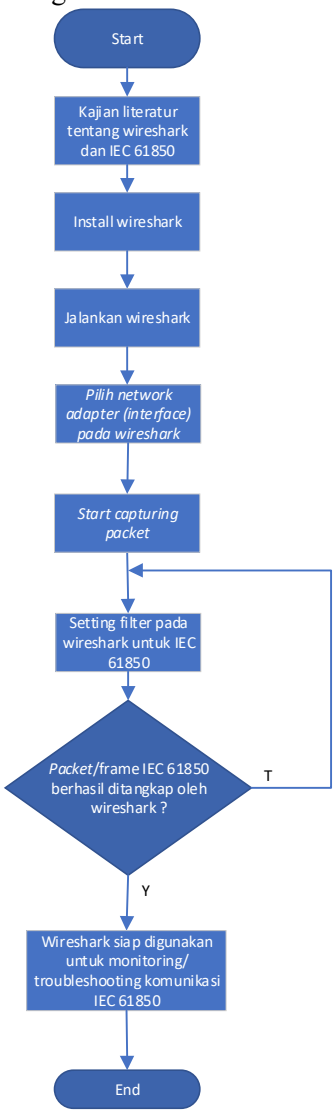


Gambar 1. Peralatan dan komunikasi IEC 61850 pada SOGI

Dalam pemeliharaan SOGI perlu dilakukan *monitoring* dan *troubleshooting* komunikasi IEC 61850 untuk memastikan data (status, pengukuran, kontrol) terkirim antar peralatan SOGI tersebut. Salah satu komunikasi IEC 61850 yang sering digunakan diantaranya adalah komunikasi *client server* (report). Untuk memonitor komunikasi *client server* IEC 61850 tersebut dibutuhkan IEC 61850 *protocol analyzer* seperti IED scout dari Omicron, IEC 61850 Test Suite Pro dari Trianglemicroworks, IEC 61850 Protocol Test Tool dari ASE systems atau IEC 61850 *protocol analyzer* yang lainnya. Semua *protocol analyzer* tersebut berbayar, sedangkan tidak semua unit PLN memiliki software *protocol analyzer* tersebut. Salah satu software alternatif yang bisa digunakan adalah wireshark, *software* ini gratis dapat digunakan untuk *monitoring* semua komunikasi yang berbasis ethernet, termasuk protokol IEC 61850. Tetapi untuk menggunakan wireshark untuk *monitoring* dan *troubleshooting* komunikasi *client server* IEC 61850, diperlukan filter yang tepat supaya wireshark hanya menampilkan *packet/frame client server* IEC 61850 saja, dan tidak menampilkan komunikasi ethernet yang lainnya. Hanya ditampilkan *packet/frame* komunikasi *client server* IEC 61850 saja untuk memudahkan dalam melakukan *monitoring* atau *troubleshooting* komunikasi *client server* IEC 61850.

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 tentang wireshark dan IEC 61850 , install wireshark, jalankan wireshark, pilih *network adapter* (*interface*) pada wireshark, setting filter pada wireshark untuk IEC 61850, *start capturing packet* dan pengujian apakah wireshark bisa menangkap *packet*/frame IEC 61850. Langkah yang dilakukan dapat dilihat pada gambar 2 di bawah ini.



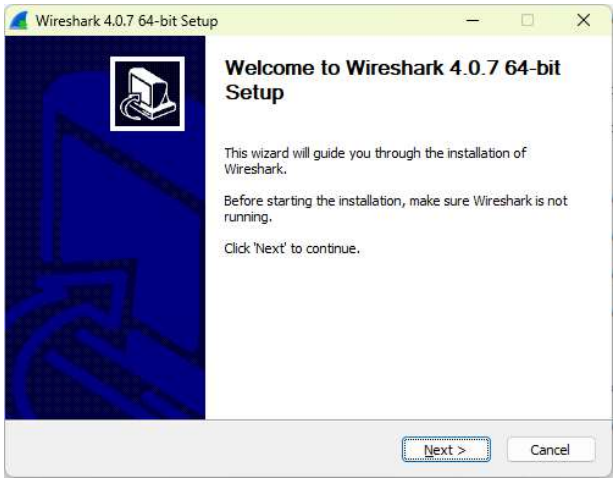
Gambar 2. Diagram alir metode penelitian

(*) Correspondence Author

Jurnal ELECTRON, Vol. 4, No.2, November 2023, Hal. 62-69
e-ISSN 2622-6588 / p-ISSN : 2830-523X
Received: 12/09/2023, **Revised:** 07/11/2023, **Accepted:** 14/11/2023

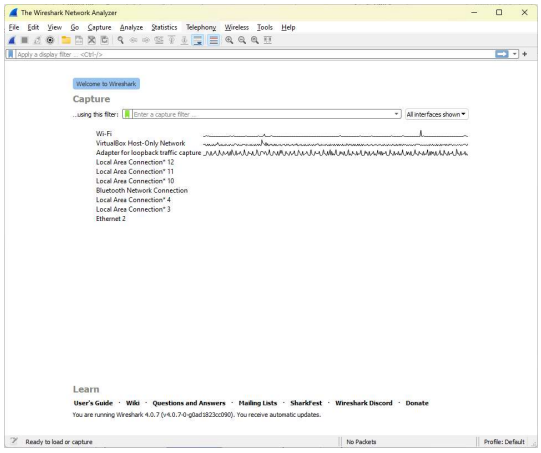
Kajian literatur tentang wireshark dan IEC 61850 dilakukan sebelum melakukan uji coba. Dalam penelitian ini perlu dipelajari juga cara melakukan instalasi dan konfigurasi wireshark dan juga karakteristik dari protokol IEC 61850.

Langkah selanjutnya adalah install wireshark. Cara installasi wireshark cukup mudah, cukup jalankan file installer dari wireshark sampai selesai.



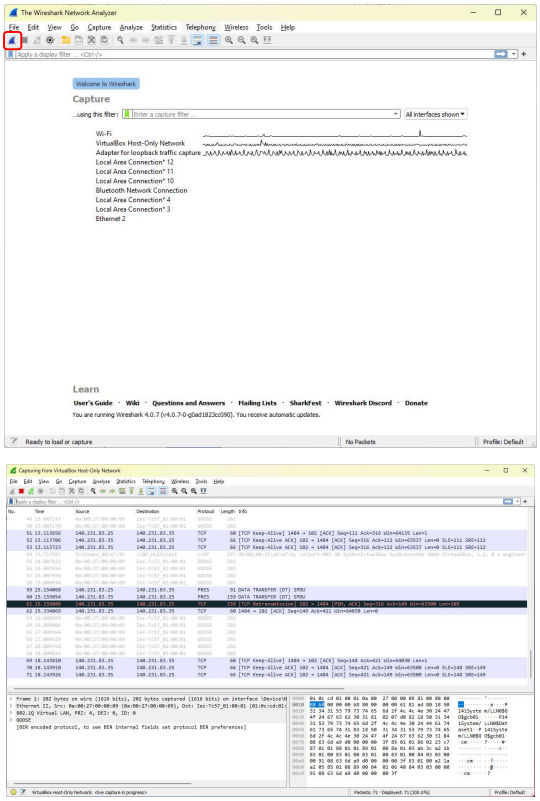
Gambar 3. *Install* wireshark

Langkah selanjutnya adalah menjalankan software wireshark, lalu pilih *network adapter* (*interface*) yang digunakan untuk IEC 61850, seperti yang terlihat pada gambar 4. Pemilihan *network adapter* ini sangat penting, jadi *network card*-nya harus dipilih *network card* yang memang sedang digunakan untuk memonitor IEC 61850. Jika salah dalam memilih *network card* maka *packet*/frame IEC 61850 tentunya tidak akan bisa terlihat/tertangkap oleh wireshark.



Gambar 4. Pilih *network card* (*interface*)

Lalu langkah selanjutnya adalah *start capturing packet* dengan cara menekan tombol *start capture* (warna biru), lalu akan muncul semua *packet/frame* yang berbasis ethernet seperti yang terlihat pada gambar 5.



Gambar 5. *Capturing packet*

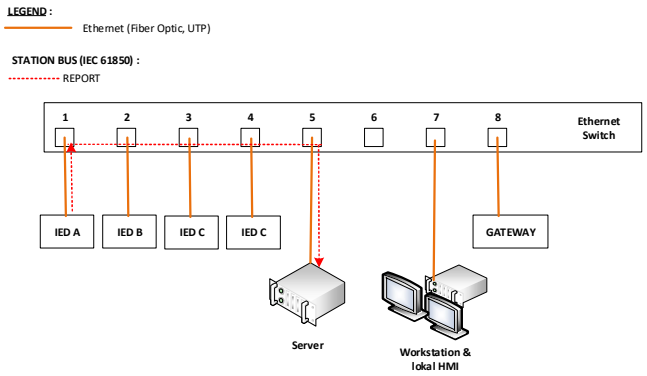
Pada gambar 5 di atas, terlihat semua *packet/frame* komunikasi yang berbasis ethernet akan muncul semua. Jika hanya ingin memunculkan *packet/frame* komunikasi IEC 61850, maka diperlukan filter tertentu. Pada wireshark yang digunakan dalam penelitian (versi 4.0.7) tidak memiliki filter yang spesifik untuk komunikasi *client server* IEC 61850, maka perlu dicari filter yang sesuai untuk komunikasi *client server* IEC 61850 tersebut.

Salah satu komunikasi IEC 61850 yang sering digunakan pada SOGI (Sistem Otomasi Gardu Induk) di PLN adalah komunikasi *client server* (termasuk *report*). Dari kajian literatur diperoleh informasi bahwa untuk komunikasi *client server* pada IEC 61850 itu hanya melewati port ethernet switch di mana ke dua peralatan SOGI (Sistem Otomasi Gardu Induk) berkomunikasi, sehingga ketika dipasang laptop ke salah satu port ethernet switch, maka laptop tersebut

(*) Correspondence Author

Jurnal ELECTRON, Vol. 4, No.2, November 2023, Hal. 62-69
e-ISSN 2622-6588 / p-ISSN : 2830-523X
Received: 12/09/2023, **Revised:** 07/11/2023, **Accepted:** 14/11/2023

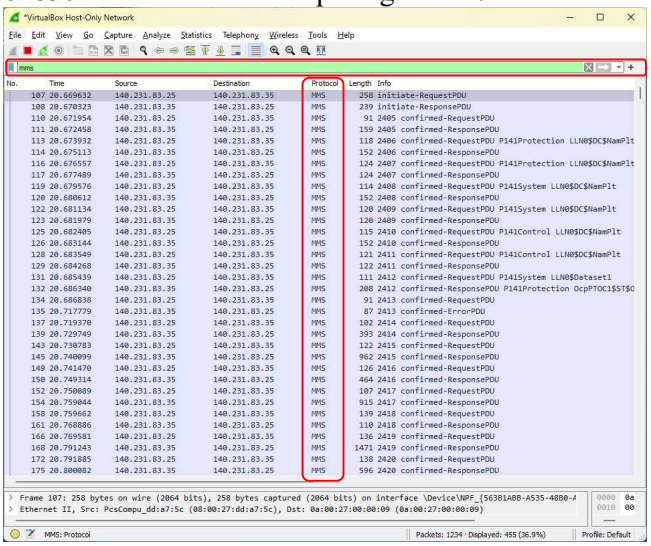
tidak akan dapat menangkap *packet/frame* komunikasi komunikasi *client server* pada IEC 61850, karena karakteristik komunikasi *client server* adalah *end to end* bukan *broadcast/multicast* [14]. Untuk bisa menangkap *packet/frame* komunikasi ini maka port yang digunakan oleh laptop untuk *monitoring* komunikasi *client server* IEC 61850 harus disetting sebagai *mirroring* dari port ethernet switch dari peralatan SOGI yang akan dimonitor. *Port mirroring* digunakan untuk mencerminkan paket jaringan dalam lalu lintas jaringan ethernet dan jaringan ethernet dipantau dan dianalisis menggunakan perangkat lunak sniffer Wireshark [15].



Gambar 6. Contoh Komunikasi *Client server* (Report) pada IEC 61850

Pada Gambar 6, dapat dilihat bahwa ada 2 peralatan SOGI yang akan berkomunikasi menggunakan komunikasi *client server* (report) IEC 61850 yaitu IED A yang tersambung ke port 1 dan server yang tersambung ke port 5. Ketika komunikasi *client server* IEC 61850 terjadi, maka port yang dilewati hanya port 1 dan port 5 saja. Jadi ketika dipasang laptop yang sudah diinstall wireshark pada port 6, maka *packet/frame* komunikasi *client server* IEC 61850 antara IED A dan server, tidak bisa ditangkap oleh laptop tersebut, karena karakteristik komunikasi *client server* IEC 61850 adalah *end to end* bukan *broadcast/multicast* [14]. Supaya laptop dapat menangkap *packet/frame* komunikasi *client server* IEC 61850 antara IED A dan server maka pada ethernet switch port 6 harus disetting *mirroring* terhadap port 1 atau port 5. Setting *mirroring* seperti ini harus dilakukan, jika tidak dilakukan maka *packet/frame* komunikasi *client server* IEC 61850 tidak bisa ditangkap oleh wireshark.

Dari kajian literatur juga diperoleh informasi juga bahwa IEC 61850 untuk komunikasi *client server* (termasuk *report*) itu berdasarkan komunikasi MMS (*Manufacturing Message Specification*) [6]. Sehingga bisa diterapkan filter "mms" pada wireshark supaya *packet/frame* yang dimunculkan oleh wireshark hanya *packet/frame* komunikasi *client server* pada IEC 61850. Hal ini bisa dilihat pada gambar 7.



Gambar 7. setting filter "mms" pada wireshark

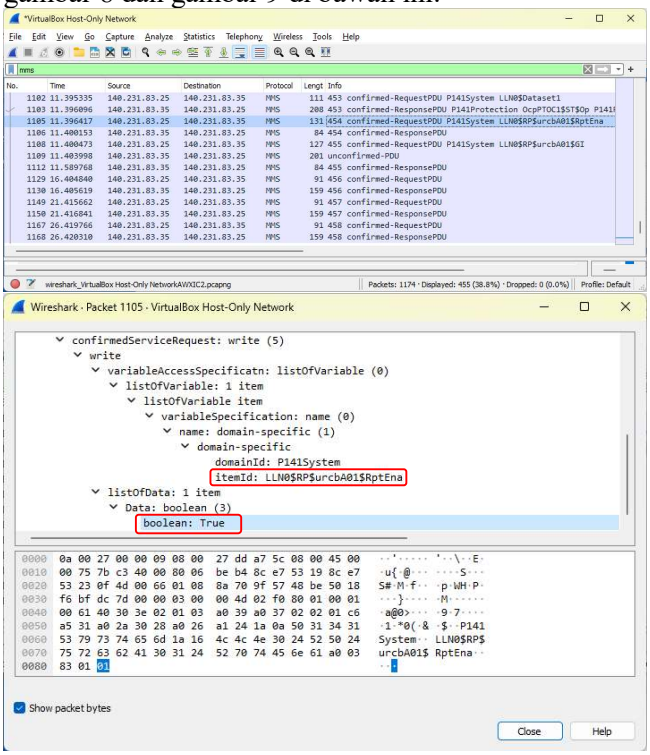
IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan percobaan didapatkan hasil bahwa supaya pada wireshark hanya menampilkan *packet/frame client server* IEC 61850 dan tidak menampilkan *packet/frame* dari komunikasi berbasis ethernet yang lain, maka dapat menggunakan filter "mms". Penggunaan filter "mms" dilakukan karena pada wireshark tidak ada filter spesifik untuk menampilkan komunikasi *client server* IEC 61850. Pemilihan filter "mms" dalam percobaan ini berdasarkan kajian literatur tentang IEC 61850 yang menyatakan bahwa komunikasi client server IEC 61850 berdasarkan MMS (*Manufacturing Message Specification*). Dari pengujian yang dilakukan menggunakan filter "mms" didapatkan bahwa *packet/frame* komunikasi yang ditampilkan wireshark hanya komunikasi *client server* IEC 61850, sesuai dengan yang diharapkan, seperti yang terlihat pada gambar 7. Penggunaan filter ini untuk memudahkan dalam *monitoring* atau *troubleshooting* komunikasi *client server* IEC 61850, karena dengan filter ini, wireshark tidak menampilkan selain *packet/frame* komunikasi *client server* IEC 61850. Contoh *frame*

(*) Correspondence Author

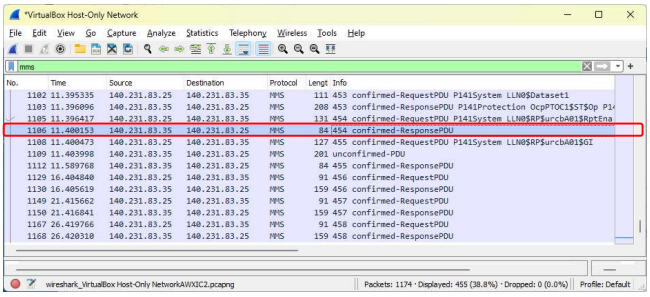
Jurnal ELECTRON, Vol. 4, No.2, November 2023, Hal. 62-69
e-ISSN 2622-6588 / p-ISSN : 2830-523X
Received: 12/09/2023, **Revised:** 07/11/2023, **Accepted:** 14/11/2023

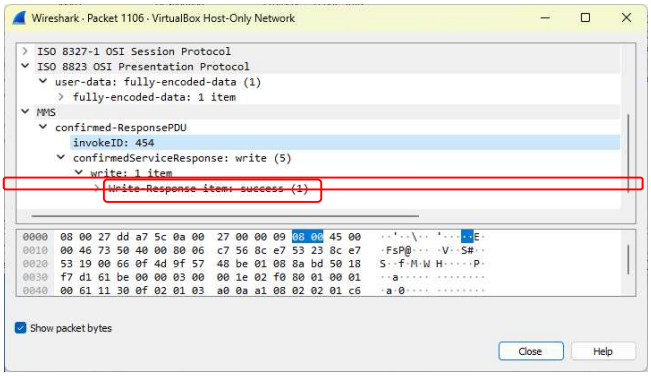
komunikasi *client server* IEC 61850 dapat dilihat pada gambar 8 dan gambar 9 di bawah ini.



Gambar 8. Contoh *frame* komunikasi *client server* IEC 61850 (request report) untuk *troubleshooting*

Pada gambar 8 menunjukkan adanya komunikasi dari *client* IEC 61850 (IP address 140.231.83.25) ke *server* IEC 61850 (IP address 140.231.83.35). *Client* tersebut meminta/*request report* (RptEna : True untuk report urcbA01). *Report* merupakan salah satu komunikasi pada *client server* IEC 61850.





Gambar 9. Contoh *frame* komunikasi *client server* IEC 61850 (response) untuk *troubleshooting*

Pada gambar 9 menunjukkan adanya komunikasi dari *server* IEC 61850 (IP address 140.231.83.35) ke *client* IEC 61850 (IP address 140.231.83.25). Server tersebut menjawab/response bahwa *report* urcbA01 berhasil diambil oleh *client* (write response : *success*).

Dari kajian literatur dan pengujian yang telah dilakukan diperoleh informasi juga bahwa monitoring untuk komunikasi *client server* itu bersifat *end to end* bukan *broadcast/multicast* artinya port ethernet switch yang dilewati adalah hanya port-port di mana kedua peralatan tersebut terpasang, sehingga ketika akan melakukan memonitor komunikasi *client server* IEC 61850 menggunakan laptop, maka laptop tersebut harus terpasang pada port yang sudah di-*mirroring* ke port di mana peralatan yang berkomunikasi lewat *client server* tersebut. Tanpa setting *mirroring* ini maka komunikasi *client server* IEC 61850 ini tidak dapat ditangkap oleh wireshark.

Kelebihan penggunaan software wireshark untuk *monitoring* dan troubleshooting komunikasi *client server* IEC 61850 adalah software ini gratis, sehingga dapat digunakan oleh unit PLN manapun secara bebas. Kekurangan wireshark dibanding *protocol analyzer* IEC 61850 (seperti IED Scout dan lain-lain) penerjemahannya dari frame kurang *user friendly*, tetapi masih mencukupi untuk melakukan *monitoring* dan *troubleshooting* komunikasi *client server* IEC 61850 dengan syarat orang yang melakukan monitoring sudah memahami IEC 61850 khususnya tentang SCL (*Substation Configuration Language*) pada IEC 61850.

(*) Correspondence Author

Jurnal ELECTRON, Vol. 4, No.2, November 2023, Hal. 62-69
e-ISSN 2622-6588 / p-ISSN : 2830-523X
Received: 12/09/2023, **Revised:** 07/11/2023, **Accepted:** 14/11/2023

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil uji coba yang telah dilakukan , maka dapat disimpulkan bahwa wireshark dapat digunakan untuk *monitoring* dan *troubleshooting* komunikasi *client server* IEC 61850. Filter yang digunakan pada wireshark supaya hanya menampilkan komunikasi *client server* IEC 61850 adalah filter "mms". Penggunaan filter ini untuk memudahkan memudahkan dalam *monitoring* atau *troubleshooting* komunikasi *client server* IEC 61850, karena dengan filter ini wireshark tidak menampilkan selain *packet/frame* komunikasi *client server* IEC 61850. Dalam melakukan *monitoring* komunikasi *client server* IEC 61850, laptop yang digunakan harus terpasang ke port *ethernet switch* yang sudah di-*mirroring* ke port ethernet switch dari peralatan SOGI yang akan dimonitor. Tanpa setting *mirroring* ini maka komunikasi *client server* IEC 61850 ini tidak dapat ditangkap oleh wireshark karena komunikasi *client server* bersifat *end to end* bukan *broadcast/multicast*.

REFERENSI

[1] PLN, "SPLN S3.001 : 2021 - Peralatan SCADA Sistem Tenaga Listrik,", 2021.

[2] Y. Wu, F. Daraiseh, E. Ramqvist, A. Larsson, and U. Morild, "An implementation of IEC 61850 for microgrid control," *27th International Conference on Electricity Distribution (CIRED)*, 2023.

[3] Héctor León, Carlos Montez, Marcelo Stemmer, and Francisco Vasques, "Simulation models for IEC 61850 communication in electrical substations using GOOSE and SMV time-critical messages," *IEEE World Conference on Factory Communication Systems (WFCS)*, 2016.

[4] Pooja Rai, Anup Mishra, and Abhijeet Lal, "Smart Grid and IEC 61850," *International Conference on Intelligent Technologies (CONIT)*. 2021.

[5] Yongkang Zheng, Renhui Dou, Xiaojun Liao, Xiaoyang Tong, Mingzhi Geng, and Jiwei Wu, "The implement of Multi-IED simulator for intelligent substation," *35th Chinese Control Conference (CCC)*, 2016.

[6] Heng Chuan Tan, Vyshnavi Mohanraj, Binbin Chen, Daisuke Mashima, Shing Kham Shing Nan, and Aobo Yang, "An IEC 61850 MMS Traffic Parser for Customizable and Efficient Intrusion Detection," *IEEE International Conference on Communications, Control, and Computing Technologies for Smart Grids (SmartGridComm)*, 2021.

[7] Ahmad Kamaludin, Hikmah Prasetia, and Yudha Nugroho, "Implementation of GOOSE for Overcurrent Relays with Non-Cascade Scheme in Medium Voltage Switchgear as Breaker Failure and Busbar Protection System," *International Conference on Technology and Policy in Energy and Electric Power (ICT-PEP)*, 2020.

[8] Vivek Kumar Singh, A.S. Thoke, and Chandra Prakash Awasthi, "Procedures for testing control and protection scheme based on GOOSE messages-methodology and constraints from engineering perspective," *IEEE 1st International Conference on Power Electronics, Intelligent Control and Energy Systems (ICPEICES)*, 2016.

[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," *International Symposium on Power Electronics, Electrical Drives, Automation and Motion*, 2008.

[10] Juan Lobo, Miguel Cuenca, Derlis Gregor, Mario Arzamendia, Raul Gregor, and Sergio Toledo, "Design and implementation of a gateway between IEC 61850 and IEC 60870-5-101 standards for power electrical systems," *CHILEAN Conference on Electrical, Electronics Engineering, Information and Communication Technologies (CHILECON)*, 2015.

[11] Mayada Daboul, and Jaroslava Orságová, "Evaluation IEC 61850 Protocols based Protection Schemes of Digital Substation, " *23rd*

International Scientific Conference on Electric Power Engineering (EPE), 2023.

[12] Muhammad Fadli Nasution, Idam Firdaus, and Riarsari Meirani Utami, "Improving The Reliability of MV Busbar Protection by IEC61850 GOOSE Message: A Case Study in PT PLN (Persero) 150 kV New Jatake Substation, " *4th International Conference on High Voltage Engineering and Power Systems (ICHVEPS)*, 2023.

[13] A. P. Morais, Â. Sartori, J. Cassol, D. P. Bernardon, U. C. Netto, W. S. Hokama, J. B. R. Conceição, and D. Lima," Real-time digital simulation and IEC 61850 standard: interoperability test between OPAL-RT and typhoon HIL simulators," *27th International Conference on Electricity Distribution (CIRED)*, 2023.

[14] Jianqing Zhang, Carl A. Gunter, "IEC 61850 - Communication Networks and Systems in Substations : An Overview of Computer Science,". University of Illinois at Urbana-Champaign, 2011.

[15] Murizah Kassim, Abd Razak Mahmud, Muhammad Amirullah Ramli, and Ruhani Ab Rahman, "Network Analysis of Students' Online Activities via Port mirroring Switch Port Analyzer," *IEEE 12th Symposium on Computer Applications & Industrial Electronics (ISCAIE)*, 2022.