

Analisis Pengaruh Waktu Latensi Terhadap Akurasi Sistem SCADA Bacaan Metering Listrik Waktu Nyata Melalui Jaringan Internet

Endra Joelianto^{1,2}, Fuady Ramdhani¹, dan Eko Mursito Budi¹

¹Program Studi Teknik Fisika, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Bandung
Jl. Ganesha No. 10, Bandung 40132

²Kelompok Keahlian Instrumentasi dan Kontrol, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Bandung
Jl. Ganesha No. 10, Bandung 40132
e-mail: ejoel@tf.itb.ac.id

Abstrak—Sistem SCADA (*Supervisory Control and Data Acquisition*) metering listrik dengan menggunakan jaringan internet bertujuan untuk memonitor energi listrik secara jarak jauh dengan memanfaatkan layanan internet. Sistem ini terdiri dari alat meter yang mengukur besaran-besaran listrik yang akan diakuisisi oleh *server* yang terletak tidak jauh dari alat meter. Data yang diakuisisi oleh *server* dibaca oleh *client* melalui jaringan internet. Penggunaan jaringan internet untuk transmisi data pada umumnya menimbulkan waktu latensi. Waktu latensi mempengaruhi validitas data yang dibaca oleh *client* berakibat mengurangi akurasi perhitungan daya kumulatif (energi). Pada artikel ini, perhitungan energi dengan menggunakan data arus, tegangan, serta faktor daya pada *client* dibandingkan dengan nilai energi yang dihitung oleh meter daya. Galat yang terjadi digunakan untuk menghitung akurasi dari sistem. Percobaan menghasilkan waktu latensi berkisar antara 110 ms–11219 ms dengan rata-rata 572,3025 ms dengan data yang sah berkisar 93% dari data populasi dan nilai akurasi antara 99,2974% sampai dengan 99,8648%. Akurasi yang dihasilkan masuk dalam kelas akurasi standar ANSI C12.20.

Kata kunci: *scada, client-server, waktu latensi, waktu nyata, akurasi*

Abstract—SCADA (*Supervisory Control and Data Acquisition*) system of electricity metering using the internet network aims to monitor electrical energy remotely by utilizing internet services. The system consists of a meter that measures electric quantities acquired by a server located close to the meter. The client reads data acquired by the server through the internet network. The use of internet networks for data transmission generally results in latency time, which affects the validity of the data read by the client, resulting in reduced cumulative power calculation accuracy. In this article, energy calculations using current, voltage and power factor data on the client are compared with the energy value calculated by the power meter. Errors that occur are used to calculate the accuracy of the system. The experiment resulted in latency times ranging from 110 ms - 11219 ms with an average of 572.3025 ms with valid data ranging from 93% of population data and accuracy values ranging from 99.2974% to 99.8648%. The resulting accuracy is within the ANSI C12.20 standard.

Keywords: *scada, client-server, latency time, realtime, accuracy*

Copyright © 2020 Jurnal Rekayasa Elektrika. All right reserved

I. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi industri dan informasi telah sangat maju, didukung dengan teknologi komunikasi yang berkembang pesat memungkinkan segala data dan aksi kontrol dalam dunia industri dapat diambil, dilakukan, dan disesuaikan dari manapun serta dari jarak jauh. Hal ini sejalan dengan kebutuhan di dunia industri, seperti kebutuhan akan akuisi data dan sistem kontrol pada daerah yang terpencil (tidak memungkinkan didatangi oleh manusia secara rutin) [1], daerah berbahaya (daerah dengan risiko kerja tinggi bagi manusia) [2], dan kerja mesin atau proses yang memiliki perubahan variabel sangat cepat [3]. Selain itu, teknologi tersebut juga memenuhi kebutuhan

level *enterprise* terhadap data produksi yang biasanya antara pabrik dan kantor manajemen berada dalam lokasi yang berjauhan.

Perkembangan teknologi komunikasi yang mempercepat komunikasi jaringan internet dan layanan internet yang semakin canggih telah membawa revolusi Industri 4.0 dengan salah satu pilar dari 11 pilar pendukung adalah *Internet of Things (IoTs)* [4]. *IoT* memberikan kemampuan informasi data dari sensor dapat dikirim ke level manapun di segitiga otomasi, dari level di atas sensor yaitu pengontrol sampai ke level tertinggi yaitu *enterprise*. Data dapat secara serentak diterima oleh semua level di atas sensor tanpa perlu naik ke atas mengikuti hirarki segitiga otomasi. Meskipun demikian, sistem-sistem

di industri masih didominasi dengan peralatan kontrol dan otomasi standar industri, seperti *DCS (Distributed Control Systems)*, *PLC (Programmable Logic Controller)* dan *SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition)*. Sistem otomasi tersebut masih menggunakan komunikasi dengan protokol komunikasi tertutup (*proprietary protocol*) atau terbuka (*open protocol*) yang biasa digunakan di industri.

Sistem *SCADA* adalah sebuah sistem akuisi data dan kontrol terotomasi yang muncul di pertengahan 1970 [5]-[7]. Aksi kontrol yang dibentuk oleh beberapa *RTU (Remote Terminal Unit)* atau *IED (Intelligent Electronic Device)* di lapangan yang berkomunikasi dengan komputer stasiun master sebagai *Master Station Unit (MSU)* atau *Master Computer Unit (MCU)* pada pusat ruang kontrol. Sebuah *RTU* merupakan alat yang berbasis komputer mikro yang terdiri dari antarmuka masukan keluaran analog/dijital (*analog/digital Input Output (IO) interface*) serta antarmuka komunikasi. Setiap *RTU* berfungsi mengakuisi data dari proses kontrolan (*plant process*) ke sebuah sistem komputer stasiun master dengan menggunakan teknik transmisi data yang unik sesuai *vendor* yang membuat. Data yang diambil ditampilkan dalam *VDU (visual display unit)* atau *advanced graphical user interfaces (GUI)* dan perangkat lunak konfigurasi yang dalam dunia industri dikenal dengan istilah *MMI (man machine interface)* atau sekarang lebih dikenal dengan sebutan *HMI (human machine interface)*.

Sistem *SCADA* masih digunakan pada berbagai permasalahan dan aplikasinya semakin luas, seperti pengukuran daya [8], sistem pasokan air [9], kontrol proses pada dermaga apung [10] serta termasuk sistem keamanannya [11]. *IoT* melengkapi baik *DCS* maupun *SCADA* yang menjadikannya lebih cerdas dan pintar dengan memperluas kemampuan yang sudah ada. Oleh karena itu, sistem *SCADA* akan tetap ada dan semakin berkembang dengan kemampuan seperti pengambilan data waktu nyata, peringatan kerusakan mesin, kontrol waktu nyata, pencatatan data, analisis data, dan visualisasi yang lebih baik dengan *IoT* [12].

Pada artikel ini, sistem *SCADA* dibangun sebagai perangkat percobaan untuk mengakuisisi data dari alat meter listrik melalui jaringan internet dan melihat efek waktu latensi (*latency time*) pada akurasi pemantauan [13]. Sistem *SCADA monitoring* meter listrik ini terdiri dari komputer *server* sebagai *RTU* yang akan mengakuisisi data dari alat meter listrik digital. Sebagai *VDU* digunakan *HMI Wonderware Intouch 9.5* yang berfungsi juga sebagai antarmuka antara *computer stasiun master (client)* untuk berkomunikasi dengan komputer *server* [14]-[16]. Data yang terkumpul pada komputer *server* dan pada *computer stasiun master (client)* akan dibandingkan dan dianalisis sebagai parameter baik tidaknya sistem *SCADA* yang dibuat. Dalam hal ini, data pada komputer *server* merupakan data acuan.

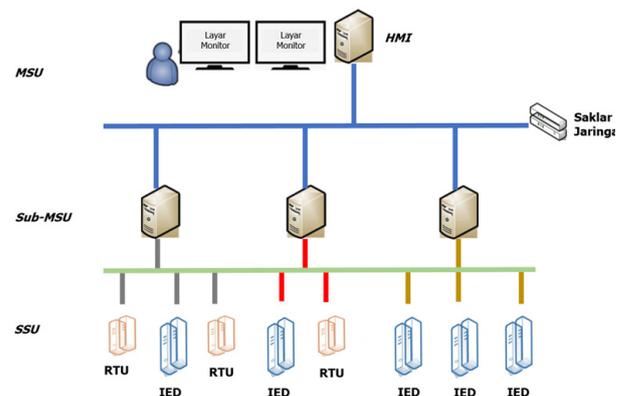
Permasalahan yang muncul pada sistem *SCADA* yang menggunakan komunikasi digital adalah terjadinya waktu latensi. Oleh karena itu dilakukan pengukuran waktu

latensi dengan metoda respon latensi yang dikeluarkan oleh NIST (National Institute of Standards & Technology) dan ODVA (Open DeviceNet Vendors Association) [17]. Dengan terjadinya waktu latensi yaitu waktu tunda antara *master* dan *client*, maka akan terjadi perbedaan pembacaan data antara *master* dan *client*. Untuk keperluan ini, data-data dihitung berdasarkan nilai parameter statistik seperti min, max, rata-rata, simpangan baku, frekuensi kumulatif dari data waktu latensi, dan data nilai meter [18], [19]. Data statistik akan memperlihatkan pengaruh waktu tunda terhadap validitas data yang terbaca oleh *client*.

Nilai energi listrik sebagai jumlah dari daya aktif dalam selang waktu tertentu pada sisi *client*, dibandingkan dengan pembacaan nilai energi dari *server* oleh *client*. *Client* dapat terletak di tempat pihak yang berkepentingan untuk memonitor energi listrik dari jarak jauh, dapat berupa kantor manajemen yang pabriknya akan dimonitor atau pihak PLN yang ingin memonitor penggunaan energi listrik pelanggannya, khususnya pelanggan industri secara waktu nyata. Karena terjadi waktu tunda maka akan terdapat perbedaan antara nilai energi pada perhitungan di *client* dengan nilai energi yang dibaca langsung dari *server*. Perbedaan ini digunakan untuk menghitung nilai akurasi dari sistem yang dibuat [20]. Artikel ini bertujuan untuk membuat sistem *metering* listrik waktu nyata melalui jaringan internet serta menganalisis pengaruh waktu latensi terhadap validitas dan akurasi data dari sistem yang dibuat.

II. SISTEM SCADA

Sistem *SCADA* merupakan suatu sistem akuisi data dan aksi kontrol yang dibentuk oleh beberapa *RTU* atau *IED* di lapangan yang berkomunikasi (*communication links*) dengan *MSU* pada pusat ruang kontrol. Secara ringkas sistem *SCADA* adalah sebuah sistem yang mengakuisi data dari *remote station* ke *master station* dan melakukan aksi kontrol pada dari *master station* ke *remote station*. Pada sisi *remote station* digunakan *RTU*, sedangkan pada sisi stasiun master digunakan komputer standar industri. Gambar 1 memperlihatkan arsitektur sistem *SCADA* secara sederhana yang terdiri dari *MSU* di ruang kontrol, *sub-MSU*, *slave station unit (SSU)* yang terdistribusi di



Gambar 1. Arsitektur sistem *SCADA* sederhana

lapangan dan jaringan komunikasi dengan saklar jaringan (*network switch*) [21]. Sistem arsitektur *SCADA* sangat dipengaruhi oleh jumlah komponen, lapis hirarki otomasi, dan teknologi yang digunakan.

A. Waktu Latensi

National Institute of Standards & Technology (NIST) bersama dengan Open DeviceNet Vendors Association (ODVA) telah membuat beberapa set pengetesan ukuran standar untuk mengukur kinerja I/O waktu nyata dari peralatan industri. Salah satu parameter yang menjadi ukuran kinerja tersebut dikenal sebagai waktu latensi yang didefinisikan sebagai interval waktu antara pesan yang dikirim ke sebuah peralatan dan terjadinya suatu kejadian yang berhubungan dengannya. Gambar 2 memperlihatkan bagian-bagian yang mempengaruhi munculnya waktu latensi atau komponen yang berkontribusi memberikan penundaan [13].

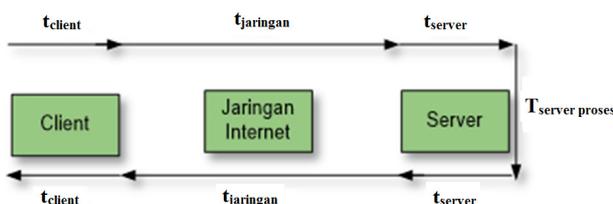
NIST dan ODVA membagi latensi menjadi 2 tipe [17]:

- *Response Latency*, yaitu waktu latensi dari sebuah alat yang memproses suatu perintah berasal dari alat lain dan menanggapi perintah tersebut.
- *Action Latency*, yaitu waktu latensi dari sebuah alat yang memproses suatu perintah berasal alat lain dan mengeluarkan keluaran yang diinginkan, atau waktu sebuah alat memproses perintah berasal alat lain untuk melakukan suatu aksi fisik dan menanggapi balik perintah yang diberikan.

Jaringan TCP/IP mengurangi kemacetan jaringan dengan mengurangi laju pengirimannya dan meningkatkan *throughput* saat mengirim lebih banyak data ketika kapasitas jaringan lebih banyak tersedia. Karakterisasi ini menyatakan bahwa dengan tidak adanya batas waktu (*timeouts*), kondisi mantap *throughput* dari koneksi TCP/IP berumur panjang diberikan oleh:

$$Throughput = \frac{C}{(R \times \sqrt{p})}, \tag{1}$$

dengan C adalah konstanta yang biasanya diatur bernilai 1,22 atau 1,31, tergantung pada apakah atau tidak penerima menggunakan keterlambatan *acknowledgments*, R adalah waktu perjalanan pulang pergi yang dialami oleh koneksi, dan p adalah jumlah yang diharapkan dari peristiwa pengurangan jendela per paket yang dikirim. Perhatikan bahwa *throughput* diukur dalam paket/satuan waktu [22]. Kondisi pemilihan konstanta C dijelaskan dengan lengkap pada [23].



Gambar 2. Waktu latensi pada sistem monitoring metering listrik melalui jaringan internet

Hubungan antara latensi dan *throughput* diberikan pada [24], dengan memperhatikan bahwa R adalah waktu perjalanan pulang-pergi *end-to-end* yang dihitung sebagai jumlah latensi ujung-ke-ujung di kedua arah, dan p adalah tingkat kehilangan paket satu arah. Fungsi *throughput* (1) menyiratkan bahwa *throughput* meningkat berbanding terbalik dengan latensi dan sebaliknya. Berdasarkan rumus (1) dapat disimpulkan bahwa semakin kecil waktu latensi maka laju aliran data yang dapat dikirimkan akan semakin besar.

B. Daya Aktif, Daya Tampak, dan Energi Aktif

Daya aktif (*active power*) atau daya nyata (*real power*) merupakan daya yang didisipasi oleh komponen yang bersifat resistif pada suatu rangkaian. Daya aktif (P) dinyatakan oleh (2).

$$P = |V||I| \cos \phi, \tag{2}$$

dengan P merupakan daya aktif, |V| tegangan RMS (*root mean square*), |I| arus RMS, dan $\cos \phi$ merupakan faktor daya (PF).

Daya reaktif (Q) adalah daya yang beresilasi masuk dan keluar dari rangkaian yang disebabkan oleh komponen yang bersifat kapasitif dan induktif dinyatakan oleh:

$$Q = |V||I| \sin \phi. \tag{3}$$

Perkalian antara arus RMS dan tegangan RMS menghasilkan daya tampak (*apparent power*) yang memperlihatkan besar daya yang dihasilkan oleh sumber daya, dinotasikan S.

$$S = P + jQ = |V||I|, \tag{4}$$

dengan j adalah bilangan imajiner.

Karena daya aktif, daya tampak, dan daya reaktif memiliki dimensi yang sama maka untuk membedakannya daya aktif disebut kW, daya tampak disebut Volt Ampere, sedangkan daya reaktif disebut “VAR” (*volt amper reactive*).

Dalam *metering*, besaran yang dijadikan sebagai dasar untuk perhitungan energi yang akan dimasukkan ke dalam tagihan tiap bulannya adalah daya aktif. Energi yang dihasilkan dari perhitungan daya aktif disebut Energi Aktif yang mempunyai satuan kWh. Energi Aktif merupakan penjumlahan daya dalam selang waktu tertentu.

$$E_{aktif(0 < t < T)} = \sum_{t=0}^T P(t), \tag{5}$$

$$E_{aktif(0 < t < T)} = \sum_{t=0}^T S \cos \phi(t), \tag{6}$$

$$E_{aktif(0 < t < T)} = \sum_{t=0}^T |V|_{(t)} |I|_{(t)} PF_{(t)}. \tag{7}$$

III. PERANCANGAN DAN KONFIGURASI SISTEM

Sistem *SCADA* yang dibangun diperlihatkan pada Gambar 3. Sistem *SCADA monitoring metering* listrik

dibuat dengan menggunakan antarmuka dengan manusia *HMI WONDERWARE Intouch 9.5*. Pada konfigurasi sistem yang digunakan, beberapa kondisi peralatan yang digunakan menjadi dasar terhadap hasil yang didapatkan. Peralatan memiliki batasan dan spesifikasi sebagai berikut:

- Data acuan sebagai bahan analisis yaitu data pada komputer *server*.
- Jaringan internet komputer *server* menggunakan media ADSL dengan *bandwith* 96 Kbps.
- Resolusi pengukuran waktu tunda 1 ms.
- Waktu cuplik data 1000 ms.

Gambar 3 menjelaskan arsitektur dari sistem *SCADA monitoring metering* listrik menggunakan *HMI* melalui jaringan internet. Meter daya 1 mengukur beban 1, meter daya 2 mengukur beban 2, dan meter daya utama mengukur jumlah dari beban 1 dan beban 2, beban yang digunakan, yaitu lampu pijar 15 watt AC. Beban dapat diatur besar kecil dengan menggunakan lampu dim. Data berupa tegangan, arus serta kWh dibaca oleh *server* dengan menggunakan protokol komunikasi Modbus *serial RTU*. Komunikasi yang keluar dari meter daya (*power meter*) berupa Modbus serial RS485. Untuk dapat dibaca oleh *server* yang menggunakan komunikasi serial RS232, digunakan konverter RS485 ke RS232 untuk Modbus [25]-[28].

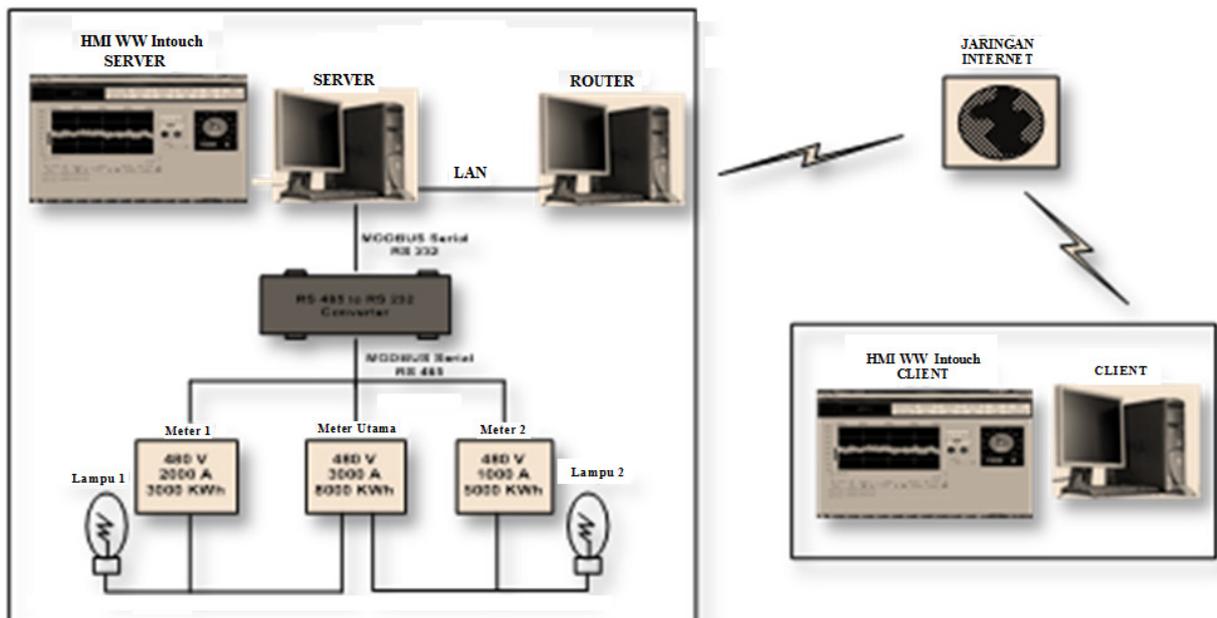
Aplikasi *HMI Wonderware Intouch 9.5* pada *server* akan membaca data dari meter daya melalui aplikasi *I/O server* yang setara dengan *open process control (OPC) server*. Data yang terbaca akan tersimpan dalam file historikal yang dapat ditampilkan dan diekspor ke file .csv dengan menggunakan fitur historikal *trending*. *Server* terhubung dengan jaringan internet melalui *router* yang memiliki alamat IP publik. *Client* yang terhubung dengan jaringan internet dapat mengakses data yang terdapat di *server* menggunakan aplikasi *HMI Wonderware Intouch 9.5* melalui IP publik tersebut. Sama seperti pada *server*,

HMI di *client* dapat menyimpan, menampilkan, dan mengekspor data ke file .csv dengan menggunakan fitur historikal *trending*. Data yang di ekspor ke file .csv pada sisi *server* dan sisi *client* dijadikan sebagai bahan analisis, sejauh mana data pada *client* menyimpang dengan data pada *server*.

Setelah sistem terintegrasi selanjutnya dilakukan percobaan akuisisi data sistem. Pada percobaan ini, *server* membaca data arus, tegangan, serta nilai kWh pada 3 alat meter yang telah diintegrasikan. Semua data tersebut akan dibaca oleh *client*. Untuk keperluan analisis selain data meter pada *server* juga dihasilkan angka bertambah yang memiliki resolusi 1 ms sebagai parameter waktu untuk menghitung waktu latensi. Semua data nilai meter dan angka yang dihasilkan kemudian dibaca oleh *client* dan dikirim ulang ke *server*. Pada *server*, data yang dikembalikan dari *client* bersama dengan data asal dari *server* di ekspor ke file .csv untuk dibandingkan dan di analisis. Proses percobaan tersebut ditunjukkan oleh Gambar 4.

IV. DATA DAN ANALISIS

Percobaan menghasilkan data nilai besaran listrik pada meter daya, yaitu tegangan, arus, dan energi (kWh). Komunikasi pada sistem *SCADA* yang menggunakan jaringan internet terjadi waktu tunda antara data yang terbaca oleh *client* dengan data yang ada pada *server*. Oleh karena itu, analisis diperlukan untuk melihat bagaimana pengaruh waktu tunda yang terjadi dan pengaruhnya terhadap data yang terbaca pada *client*. Untuk keperluan analisis, pada percobaan diambil nilai dari *tagname \$time* pada *server* yang memiliki resolusi 1 ms kemudian dimasukan ke dalam *tag ms_local*. Nilai dari *tag ms_local* ini kemudian dikirimkan dan dibaca oleh *client*. Oleh *client* nilai *ms_local* dikirim kembali ke *server* dan kemudian disimpan ke *tag ms_remote*. Selisih antara nilai *ms_local*



Gambar 3. Arsitektur sistem monitoring metering listrik

dan *ms_remote* merupakan nilai dari waktu latensi sistem *monitoring metering* listrik dengan *SCADA*. Semua nilai *ms_local*, *ms_remote*, dan semua nilai meter listrik baik itu nilai asal pada *server* maupun nilai yang dikembalikan dari *client* diloging dalam file historikal. Selanjutnya hasil data percobaan tersebut diekspor ke file *.csv* untuk dianalisis.

A. Data Waktu Latensi

Pada pengetesan ini digunakan jaringan dengan *bandwidth* 1 Mbps. Data yang diakses terdiri dari data tegangan, arus, dan energi (kWH) yang masing-masing merupakan *tagname* bertipe *Intouch I/O real* dengan tipe data *Float* yang berukuran *32-bit floating point value* [29] serta *tagname \$time* bertipe *Intouch* adalah integer [30] dengan tipe data *Long* berukuran *signed 32-bit value* [29]. Pengiriman 100 data dengan besar paket data di atas ditambah *address* menghasilkan banyak data yang dikirim tidak berpengaruh terhadap waktu latensi.

Data yang diakses dalam file historikal diekspor ke dalam file *spreadsheet* dengan resolusi 1 detik. Hasil percobaan diambil populasi data sebanyak 10.000 data dengan interval 1 detik seperti diberikan oleh Tabel 1.

Penggunaan persamaan statistik dari populasi data yang ada menghasilkan nilai rata-rata $\mu = 572,3025$ ms (mili detik), selain itu diperoleh juga nilai variansi $\sigma^2 = 1267465$ ms dan simpangan baku $\sigma = 1125,817332$ ms. Selanjutnya

didapatkan juga nilai *min* = 110 dan *max* = 11219. Tabel 2 memperlihatkan data statistik dari waktu latensi.

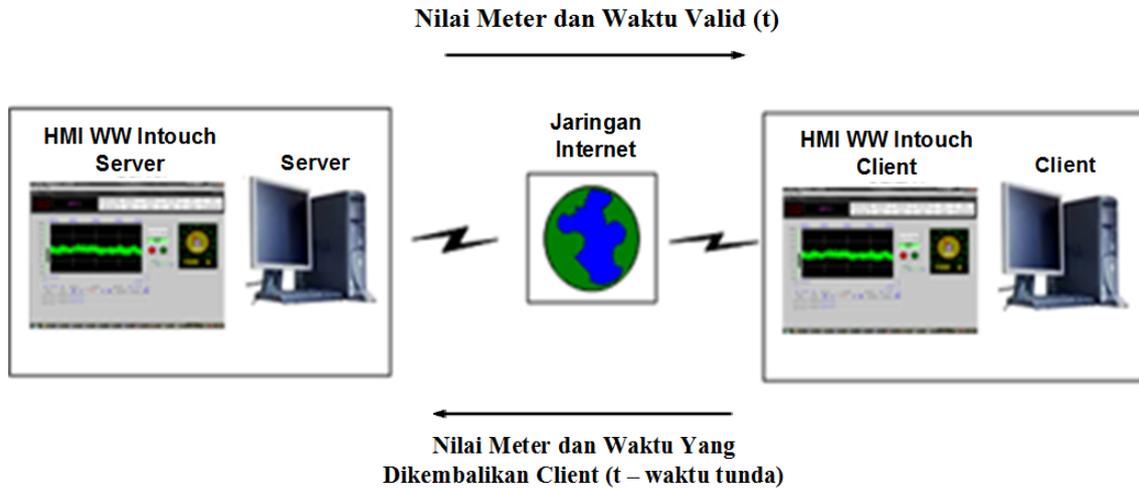
Tabel 2 memperlihatkan bahwa sistem yang dibuat memiliki waktu latensi rata-rata 0,572 detik dengan simpangan baku 1,126 detik. Berdasarkan data tersebut dapat disimpulkan bahwa sistem yang dibuat diharapkan memiliki waktu latensi berkisar 0,572 detik dan jika diasumsikan data yang diperoleh mengikuti distribusi normal, maka 99,7% data berada diantara $\pm \sigma$ dari μ [20]. Sehingga dari data yang didapatkan dapat diprediksi bahwa kemungkinan nilai waktu latensi paling besar sekitar 3,949 s.

Dengan mengelompokkan data pada kelas-kelas tertentu dan dengan menggunakan persamaan distribusi peluang diperoleh data frekuensi kumulatif dan distribusi dari frekuensi kumulatif yang ditunjukkan oleh Gambar 5.

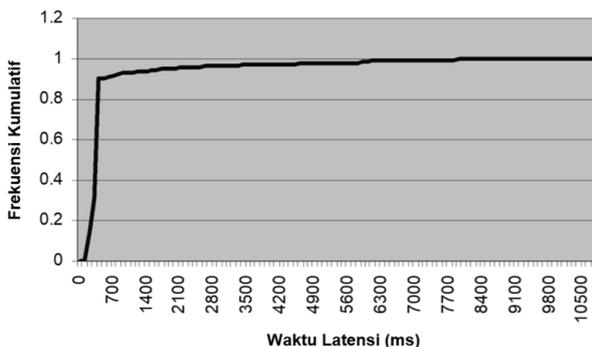
Berdasarkan Gambar 5, dapat dilihat bahwa 93,11% dari keseluruhan data memiliki waktu latensi < 1000 ms. Dari data tersebut diharapkan nilai data meter yang valid $\geq 93,11\%$, karena meter daya memiliki spesifikasi memperbarui data setiap 1 detik. Gambar 6 memperlihatkan grafik waktu latensi.

B. Data Valid Nilai Meter

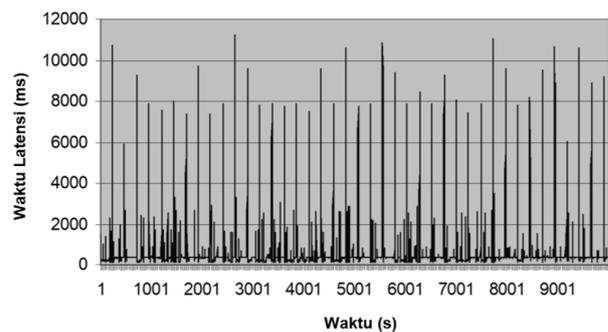
Data hasil percobaan terkumpul sebanyak 10.000 data, selanjutnya dihitung berapa banyak data yang sah dan yang tidak sah. Pemisahan dilakukan dengan cara



Gambar 4. Alur percobaan sistem



Gambar 5. Distribusi frekuensi kumulatif waktu latensi



Gambar 6. Grafik waktu latensi terhadap waktu

mengurangkan nilai asli yang terbaca pada *server* dan nilai yang dikirim ulang dari *client*. Jika selisih yang dihasilkan = 0 maka data tersebut dianggap sah dan jika selisihnya \neq 0 maka data tersebut dianggap tidak sah. Berikut ini data yang diperoleh dari hasil percobaan.

Berdasarkan Tabel 3, presentase atau frekuensi nisbi data yang sah untuk nilai arus, tegangan serta kWh pada meter utama, meter 1, dan meter 2 dirangkum serta ditampilkan pada Tabel 4.

Data akurasi nilai perhitungan energi pada *client* terhadap nilai perhitungan pada meter daya dirangkum pada Tabel 5. Hasil yang didapatkan memperlihatkan bahwa nilai akurasi di atas 92%.

C. Analisis

Tabel 4 menunjukkan bahwa hasil yang diperoleh sesuai dengan data waktu latensi pada Tabel 1 yaitu kemungkinan waktu latensi < 1000 ms = 93,11% yang berarti jumlah daya yang sah seharusnya lebih besar atau sama dengan 93,11%. Perubahan arus setiap 1000 ms, kemungkinan data yang valid sangat mendekati dengan kemungkinan waktu latensi < 1000 ms. Sedangkan untuk

Tabel 1. Data waktu pengiriman paket *tagname*

No	Jam	ms_local (ms)	ms_remote (ms)	Selisih Waktu $\Delta T = (ms_local - ms_remote)$ = Waktu Latensi = TI (ms)
1	20:45:07	74707000	74706984	16
2	20:45:08	74708000	74707968	32
3	20:45:09	74709000	74708953	47
4	20:45:10	74710000	74709937	63
5	20:45:11	74711000	74710921	79
6	20:45:07	74707000	74706984	16
.....
.....
9995	4:46:30	17190000	17189609	391
9996	4:46:31	17191000	17189765	1235
9997	4:46:32	17192000	17191796	204
9998	4:46:33	17193000	17192609	391
9999	4:46:34	17194000	17193625	375
10000	4:46:35	17195000	17194609	391

Tabel 3. Data statistik nilai arus, tegangan, dan kWh

	Arus Meter Utama (A)	Arus Meter 1 (A)	Arus Meter 2 (A)	Tegangan Meter Utama (V)	Tegangan Meter 1 (V)	Tegangan Meter 2 (V)	kWh Meter Utama	kWh Meter 1	kWh Meter 2
Jumlah Data	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000
Jumlah Data Valid	9226	9292	9284	9454	9447	9458	9982	9978	9986
Jumlah Data Tidak Valid	774	708	716	546	553	542	18	22	14
Jumlah Frekuensi Nisbi	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Frekuensi Nisbi Data Valid	0,9226	0,9292	0,9284	0,9454	0,9447	0,9458	0,9982	0,9978	0,9986
Frekuensi Nisbi Data Tidak Valid	0,0774	0,0708	0,0716	0,0546	0,0553	0,0542	0,0018	0,0022	0,0014

nilai tegangan dan kWh, nilainya lebih besar karena terjadi perubahan lebih besar dari 1000 ms.

Tabel 2 menampilkan nilai maksimum dari waktu latensi tanpa terjadinya putus komunikasi antara *client* dan *server* adalah 11,219 sekon. Pencatatan energi yang digunakan biasanya dilakukan secara periodik setiap bulan, dapat diasumsikan terjadi setiap 30 hari. Dengan asumsi pencatatan tersebut dan pemakaian energi konstan, galat dapat diestimasi dengan menggunakan persamaan-persamaan berikut:

$$kWh = V \times A \times t$$

$$V, A \triangleq C$$

$$kWh = C \times t$$

$$kWh\ valid = C \times 30\ hari \times 24\ jam / hari = 720C$$

$$kWh\ tidak\ valid = C \times [(30\ hari \times 24\ jam / hari) - (11,219 / 3600)\ jam] = 719,99689C$$

$$Selisih\ kWh = kWh_{server} - kWh_{client} = 720C - 719,99689C = (11,219 / 3600)C$$

$$Galat\ Error = Selisih\ kWh / kWh\ valid \times 100\% = 0,000432\%$$

Hasil nilai galat adalah 0,000432%, maka sistem SCADA pemantauan pengukuran listrik yang dibuat memiliki akurasi yang baik untuk digunakan sebagai *metering* energi listrik. Salah satu standar untuk akurasi ANSI C12.20 menggolongkan suatu alat ke dalam *Class 0.5 accuracy* untuk alat yang memiliki maksimal akurasi 0,5% atau *Class 0.2 accuracy* untuk alat yang memiliki akurasi maksimal 0,2%.

Uji coba menghasilkan jumlah nilai data yang sah sebanding dengan frekuensi kumulatif waktu tunda dibawah 1000 ms. Hal ini diakibatkan karena spesifikasi alat meter yang digunakan mempunyai kemampuan waktu cuplik sebesar 1000 ms. Data yang tidak sah mempengaruhi nilai akurasi perhitungan energi pada *client* dibandingkan

Tabel 2. Data statistik waktu latensi

Jumlah Data	Rataan μ (ms)	Variansi σ^2 (ms)	Simpangan Baku σ (ms)	Min (ms)	Max (ms)	Frekuensi Kumulatif 1000 ms
10000	572,3025	1267465	1125,817332	110	11219	0,9311

Tabel 4. Data valid nilai meter

	Meter Utama (%)	Meter 1 (%)	Meter 2 (%)
Arus	92,26	92,92	92,84
Tegangan	94,54	94,47	94,58
Energi (kWh)	99,82	99,78	99,86

Tabel 5. Data akurasi nilai meter

	Meter Utama (%)	Meter 1 (%)	Meter 2 (%)
Akurasi	92,26	92,92	92,84

dengan nilai perhitungan energi pada alat meter yang diperlihatkan pada Tabel 5.

V. KESIMPULAN

Artikel membahas pemantauan bacaan *metering* listrik dengan menggunakan sistem *SCADA*. Masalah utama dalam sistem komunikasi digital sebagai bagian utama *SCADA* melalui internet adalah munculnya waktu latensi yang memberikan waktu tunda pada pengiriman data. Waktu tunda yang muncul dapat mempengaruhi hasil bacaan nilai-nilai yang sehingga muncul kesalahan bacaan. Hasil uji coba dan analisis memperlihatkan bahwa waktu latensi yang terjadi cukup besar, tetapi kalkulasi akurasi memperlihatkan bahwa akurasi yang dihasilkan masih masuk dalam kelas akurasi dalam standar *ANSI C12.20*. Sistem *SCADA* untuk *monitoring metering* energi listrik memiliki akurasi yang baik.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kepada Program Studi Teknik Fisika, Fakultas Teknologi Industri - ITB yang telah memfasilitasi penelitian ini pada saat penulis kedua menyelesaikan tugas akhir dan Program Riset, Institut Teknologi Bandung.

REFERENSI

- [1] W. Priharti, S. Sumaryo, D.K. Silalahi, and Y.S. Agung, "Perancangan sistem pemantauan lokal dan jarak jauh bagi panel surya," *Jurnal Rekayasa Elektrika*, vol. 16, no. 2, pp. 87-94, 2020.
- [2] K. Epifancev and T. Mishura, "Problems and advantages of SCADA systems when performing measurements at hazardous production technologies," in *JOP Conference Series: Metrological Support of Innovative Technologies*, pp. 32071-32071, 2020.
- [3] D. Darmawan dan P. Pharmayeni, "Development of client-server application by using udp socket programming for remotely monitoring CNC machine environment in fixture process," *Jurnal Rekayasa Elektrika*, vol. 12, no. 2, hal. 48-53, 2016.
- [4] PSDC. Restructuring Existing Workforce Towards Higherskilled Workers, Industry 4.0 –Centre of Excellence Leading the Factory of the Future, 2017. http://www.mpc.gov.my/wpcontent/uploads/2017/09/Paper-6_2017-09-13-Industry-4.0Restructuring-existing-workforce-MPC.pdf, September 13th, 2017.
- [5] R.I. Williams, *Handbook of SCADA Systems for the Oil & Gas Industry*, England: Elsevier Advance Technology, 1992.
- [6] S.D. Anton, D. Fraunholz, C. Lipps, F. Pohl, M. Zimmermann, and H.D. Schotten, "Two decades of SCADA exploitation: A brief history," In *IEEE Conference on Application, Information and Network Security (AINS)*, 2017, pp. 98-104.
- [7] A. Rezai, P. Keshavarzi, and Z. Moravej, "Key management issue in SCADA networks: A review," *Engineering science and technology, an International Journal*, vol. 20, no. 1, pp. 354-363, 2017.
- [8] B. Ajeya and S. Vincent, "Integration of contactless power measuring instruments to plc and scada through industrial wireless," In *Optical and Wireless Technologies*, Springer, 2020, pp. 279-292.
- [9] D. Babunski, E. ZaeV, A. Tuneski, and D. Bozovic, "Optimization methods for water supply scada system" In *7th Mediterranean Conference on Embedded Computing (MECO)*, IEEE, 2018, pp. 1-4.
- [10] A. Topalov, O. Kozlov, and Y. Kondratenko, "Control processes of floating docks based on scada systems with wireless data transmission," In *2016 XII International Conference on Perspective Technologies and Methods in MEMS Design (MEMSTECH)*, IEEE, 2016, pp. 57-61.
- [11] E.J. Colbert and A. Kott, Eds., *Cyber-security of SCADA and other Industrial Control Systems* (Vol. 66), Springer, 2016.
- [12] H. Gohil, "Has SCADA had its day with the advent of IoT?," 2018. [Online]. Available: <https://www.softwebsolutions.com/resources/transform-old-machines-into-smart-machines-usingiot.html>, April 24th, 2018.
- [13] E. Joelianto and Hosana, "Loop-back action latency performance of an industrial data communication protocol on a plc ethernet network," *Internetworking Indonesia Journal*, vol. 1, no. 1, pp. 11-18, 2009.
- [14] A. Vaclavova and M. Kebisek, "Integration of production line with the wonderware platform," In *Computer Science On-line Conference*, Springer, Cham., 2018, pp. 208-215.
- [15] A. Vaclavova and M. Kebisek, "Design of virtual model of production line using wonderware archestra," In *2018 IEEE 22nd International Conference on Intelligent Engineering Systems (INES)*, IEEE, 2018, pp. 000425-000430.
- [16] T. Mulyana, R. Ibrahim, and E.A. Rahim, "Human machine interface design analysis of defect detection prototype by wonderware in touch software," *Journal of Physics: Conference Series*, vol. 1150, no. 1, p. 012034, IOP Publishing, January, 2019.
- [17] J. D. Gilsinn, *Real-Time I/O Performance Metrics and Tests for Industrial Ethernet*, ISA Automation West, 2004.
- [18] R. E. Walpole and R.H. Myers, *Ilmu peluang dan Statistika untuk Insinyur dan Ilmuwan*, Bandung: Penerbit ITB, 1995.
- [19] E. J. Pitman, *Some Basic Theory for Statistical Inference: Monographs on Applied Probability and Statistics*, Chapman and Hall/CRC, 2018.
- [20] E. O. Doebelin, *Measurement Systems: Application and Design*, Singapore: McGraw- Hill, 1990.
- [21] A. Rezai, P. Keshavarzi, and Z. Moravej, "Advance hybrid key management architecture for scada network security," *Security and Communication Networks*, vol. 9, no. 17, pp. 4358-4368, 2016.
- [22] J. Padhye, J. Kurose, D. Towsley, and R. Koodli, "A model-based tcp-friendly rate control protocol," In *Proceedings of NOSSDAV'99*, 1999.

- [23] J. Mahdavi and S. Floyd, "TCP-friendly unicast rate-based flow control", Note sent to end2end-interest mailing list 28, 1997.
- [24] M. Kwon, "A tutorial on network latency and its measurements," In *Enabling Real-Time Mobile Cloud Computing through Emerging Technologies*, pp. 272-293. IGI Global, 2015.
- [25] Modbus, I. D. A., "Modbus application protocol specification v1.1a", North Grafton, Massachusetts, 2004. (www.modbus.org/specs.php).
- [26] A. Cordeiro, P. Costa, V.F. Pires, and D. Foito, "Modbus protocol as gateway between different fieldbus devices-a didactic approach," In *International Conference on Interactive Collaborative Learning*, Springer, Cham., 2017, pp. 860-871.
- [27] R. Belliardi and R. Neubert, "Modbus Protocol," In *Industrial Communication Technology Handbook*, CRC Press, 2017, pp. 10-1.
- [28] F. Meng, Y. Zhang, and D. Yang, "Design of communication among vision system, plc and industrial robot based on modbus-tcp protocol." *Journal of Physics: Conference Series*, vol. 1288, no. 1, p. 012083, IOP Publishing, August, 2019.
- [29] InTouch Client Driver©2015, Kepware, Inc., 2015. <https://www.kepware.com/getattachment/256aafe4-6e26-448c-ab8f22e67cdd7065/intouch-client-manual.pdf> [akses: 06/05/2020]
- [30] Wonderware® FactorySuite™ InTouch® Reference Guide, Revision A, Last Revision: September 2002, Invensys Systems, Inc.