

BAB 2

DASAR TEORI

2.1 KAJIAN PUSTAKA

Pada kajian pustaka ini penulis ingin mengulas penelitian-penelitian sebelumnya tentang sistem SCADA. Dengan adanya kajian pustaka ini penulis ingin membandingkan persamaan dan perbedaan penelitian, komponen-komponen dalam penelitian yang dikaji, dan menjadikannya sebagai bahan referensi untuk mengembangkan penelitian pada beberapa aspek.

Penelitian yang dilakukan oleh Felick Kurnia pada tahun 2018 dengan judul “*Perancangan Sistem SCADA untuk Integrasi Dua PLC yang Berbeda Merk*”. Pada penelitian ini menggunakan dua buah PLC dengan tipe Siemens S7-1200 dan Mitsubishi FX3S, dan diintegrasikan dengan sistem *Supervisory Control and Data Acquisition* (SCADA) yang menggunakan *Wonderware InTouch*. Penelitian ini dilakukan dengan merancang dua buah alat yaitu tangki pengolahan air yang dikendalikan dengan PLC Mitsubishi FX3S dan juga miniatur rumah kaca yang dikendalikan dengan PLC Siemens S7-1200. Di dalam sistem tangki pengolahan air terdapat sensor suhu KY-013 serta sensor ketinggian air, dan pada sistem miniatur rumah kaca terdapat sensor suhu KY-013 dan sensor kelembaban tanah YL-38. Hasil dalam penelitian ini berupa rancangan sistem SCADA untuk PLC Mitsubishi dan PLC Siemens berupa *user interface* yang dapat menampilkan proses yang terjadi secara *real time*. Integrasi pada kedua PLC tersebut juga menghasilkan sebuah sistem yang di dalamnya terdapat dua buah subsistem yang dapat saling terintegrasi karena masing-masing PLC memiliki *port* komunikasi [10].

Penelitian yang dilakukan oleh Ignatius Deradjad Pranowo, Y. B. Theo Bagastama, dan Thomas A. F. Wibisono pada tahun 2020 dengan judul “*Communication Between PLC Different Types Using OPC Server Improved With Application Device*”. Pada penelitian ini menggunakan PLC Mitsubishi FX3U untuk pengendalian sistem pengurai botol dan PLC Omron CP1E untuk pengendalian sistem pengisian botol yang terintegrasi dengan *server* OPC menggunakan KEPServerEx6. Implementasi teknologi *OPC Server* menunjukkan bahwa komunikasi antara PLC Mitsubishi dan PLC Omron dapat dilakukan

meskipun keduanya memiliki perangkat lunak *driver* sendiri untuk mengendalikan perangkat. Hasil dari penelitian ini menemukan bahwa dengan menggunakan KEPServerEX6 (OPC server), PLC Mitsubishi dan PLC Omron dapat saling berkomunikasi dengan mengirim dan/atau menerima data [11].

Penelitian yang dilakukan oleh Sarjono Wahyu Jadmiko, Adnan Rafi Al Tahtawi, dan Aris Munandar pada tahun 2019 dengan judul “*Aplikasi Jaringan Komunikasi Master Slave pada Simulator Input-Output Berbasis Multi PLC-HMP*”. Pada penelitian ini menggunakan beberapa PLC diantaranya Siemens S7-1200, Modicon TM221, dan Schneider Twido. Sistem SCADA pada penelitian ini menggunakan perangkat lunak Wonderware InTouch. Komunikasi antar pengendali pada penelitian ini menggunakan konsep jaringan *master-slave*, dengan PLC Siemens S7-1200 sebagai *master*, dan dua PLC lainnya sebagai *slave*, dan digunakan *ethernet* berbasis LAN nirkabel yang terhubung dengan *router*. Pada penelitian ini sistem dirancang untuk pengendalian ketinggian air dan pengisian air. Hasil dari penelitian ini berupa komunikasi antara PLC *master* dan PLC *slave* yang berjalan baik. Pengujian *error* untuk alamat pengiriman data dan alamat penerimaan data bernilai 0%. Nilai analog yang digunakan untuk *slave* 1 sebagai simulator *input* untuk *plant* ketinggian air memiliki *error* sebesar 2,95%. Penggunaan HMI Wonderware Intouch untuk *plant* ketinggian air dan *water filling* dapat berfungsi sebagai *monitoring* simulator *input output*, yang mana alamat *tag* pada PLC *master* ke HMI Wonderware Intouch terhubung dengan *software* DASSIDIRECT. Nilai *error* kesalahan pengiriman alamat *master* terhadap penerimaan alamat *tag* HMI sebesar 0% [12].

Penelitian yang dilakukan oleh Okan Duymazlar, dan Dilsad Engin pada tahun 2019 dengan judul “*Design and Application of OPC-based SCADA System with Multiple Controllers: An Electro-pneumatic Case Study*”. Pada penelitian ini dirancang sistem SCADA berbasis OPC, yang diimplementasikan pada unit prototipe pengepresan elektro-pneumatik. Pengendali pada penelitian ini menggunakan pengendali berupa PLC Schneider M241CEC24R, Siemens S7-1200, dan Beckhoff CP2689, dengan tambahan perangkat HMI Schneider HMIS5T dan Modbus TCP GSM *Controller*. Protokol komunikasi menggunakan OPC *server*, dengan topologi jaringan *star* melalui *ethernet* yang menggunakan

pengalamatan IPv4, dan kemudian terhubung ke SCADA Vijeo Citect melalui modem nirkabel. Hasil pada penelitian ini menunjukkan waktu *delay* transfer data antara dua perangkat pengendali adalah sekitar 500 hingga 1000 milidetik. *Delay* ini disebabkan oleh kinerja komputer *Server* OPC dan jalur fisik untuk transfer data, tidak dipengaruhi oleh jarak dan jumlah perangkat yang terhubung ke jaringan. Selain itu, HUB *Ethernet* yang digunakan pada topologi juga menyebabkan *delay* karena melakukan *broadcast* data ke semua *port* [13].

Dari penelitian-penelitian yang sudah pernah dilakukan dan digunakan sebagai bahan kajian pustaka pada penelitian ini, maka dapat disimpulkan bahwa sistem SCADA dapat bekerja untuk melakukan komunikasi data ke alat industri menggunakan PLC dengan beberapa tipe yang berbeda. Perbedaan dengan penelitian yang akan dilakukan ini terdapat pada sistem *plant* dan tipe PLC yang digunakan, juga menekankan kepada analisa komunikasi data yang terjadi dalam sistem SCADA.

Tabel 2.1 Perbandingan Dengan Penelitian Sebelumnya

Judul	Penulis	Hasil Penelitian	Perbedaan Dengan Penelitian Ini
Perancangan Sistem SCADA untuk Integrasi Dua PLC yang Berbeda Merk	Felick Kurnia (2018)	<ul style="list-style-type: none"> Rancangan sistem SCADA untuk PLC Mitsubishi dan PLC Siemens berupa <i>user interface</i> menampilkan proses secara <i>realtime</i>. Menghasilkan sistem dengan di dalamnya terdapat dua subsistem yang dapat saling terintegrasi karena masing-masing PLC memiliki <i>port</i> komunikasi. 	<ul style="list-style-type: none"> Perbedaan tipe PLC yang digunakan Penelitian ini memiliki tambahan pengujian kecepatan transfer data.
<i>Communication Between PLC Different Types Using OPC Server Improved With Application Device</i>	Ignatius Deradjad Pranowo, Y. B. Theo Bagastama, dan Thomas A. F. Wibisono (2020)	<ul style="list-style-type: none"> Komunikasi antara PLC Mitsubishi dan PLC Omron dapat dilakukan walaupun berbeda <i>driver</i>. KEPServerEX6 (OPC server), PLC 	<ul style="list-style-type: none"> Perbedaan tipe PLC yang digunakan Penelitian ini menunjukkan pengujian sistem SCADA hingga sistem <i>Human Machine Interface</i>

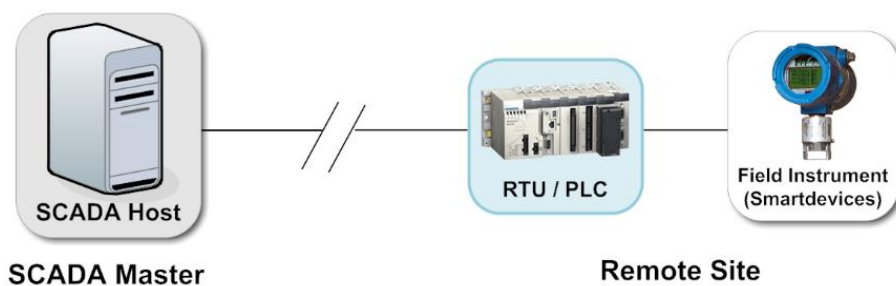
		Mitsubishi dan PLC Omron dapat saling berkomunikasi dengan mengirim dan/atau menerima data.	(HMI) menggunakan <i>software</i> InTouch
Aplikasi Jaringan Komunikasi <i>Master Slave</i> pada Simulator <i>Input-Output</i> Berbasis Multi PLC-HMI	Sarjono Wahyu Jadmiko, Adnan Rafi Al Tahtawi, dan Aris Munandar (2019)	<ul style="list-style-type: none"> • Komunikasi antara PLC <i>master</i> dan PLC <i>slave</i> berjalan baik. • Pengujian <i>error</i> alamat pengiriman dan penerimaan data bernilai 0%, <i>error</i> 2,95% pada nilai analog untuk <i>slave</i> 1 sebagai simulator <i>input</i> untuk <i>plant</i> ketinggian air. • Wonderware Intouch untuk <i>plant</i> ketinggian air dan <i>water filling</i> dapat berfungsi sebagai <i>monitoring simulator input output</i>. • Nilai <i>error</i> pengiriman alamat <i>master</i> terhadap penerimaan alamat <i>tag</i> HMI sebesar 0%. 	<ul style="list-style-type: none"> • Pada penelitian ini memiliki tambahan pengujian kecepatan transfer data.
<i>Design and Application of OPC-based SCADA System with Multiple Controllers: An Electro-pneumatic Case Study</i>	Okan Duymazlar, dan Dilşad Engin (2019)	<ul style="list-style-type: none"> • Waktu <i>delay</i> transfer data antara dua perangkat pengendali 500-1000 ms, disebabkan kinerja komputer <i>Server</i> OPC serta jalur fisik untuk transfer data, dan HUB <i>Ethernet</i> yang melakukan <i>broadcast</i> data ke semua <i>port</i>. 	<ul style="list-style-type: none"> • Jumlah dan jenis perangkat yang digunakan. • <i>Software</i> HMI yang digunakan

2.2 DASAR TEORI

Pada bagian dasar teori ini menjelaskan mengenai materi-materi yang digunakan dalam penelitian ini diantaranya Sistem SCADA, *software* HMI SCADA Wonderware InTouch, *Programmable Logic Controller* (PLC), PLC Omron CP1L-M60DT1-D, PLC Schneider TM221CE16R, *software* pemrograman PLC yaitu CX-Programmer dan Expert – Basic, sistem tangki air, motor DC, sensor Sharp GP2Y0E03, protokol komunikasi Omron, Modbus, dan OPC, serta dasar-dasar teori pendukung lain yang relevan pada penelitian ini.

2.2.1 Sistem *Supervisory Control and Data Acquisition* (SCADA)

Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA) ialah teknologi yang digunakan pada industri bertujuan untuk mendapatkan dan mengirimkan data serta melakukan proses pengendalian ke beberapa fasilitas dengan jarak yang jauh. Sistem dalam SCADA meliputi transfer data antara komputer *host* pusat SCADA dan beberapa unit pengendali. Sistem SCADA terdiri atas satu atau lebih perangkat *interface* data baik *Remote Terminal Unit* (RTU) ataupun *Programmable Logic Controller* (PLC), sistem komunikasi, *server* atau *host*, dan perangkat lunak yang biasanya disebut sebagai *Human Machine Interface* (HMI). Teknologi SCADA HMI memiliki fungsi untuk memudahkan penggunaanya dalam melakukan pemrograman dalam bentuk grafis, pemetaan alamat masukan dan keluaran sistem, serta animasi dari sistem *plant* [14].



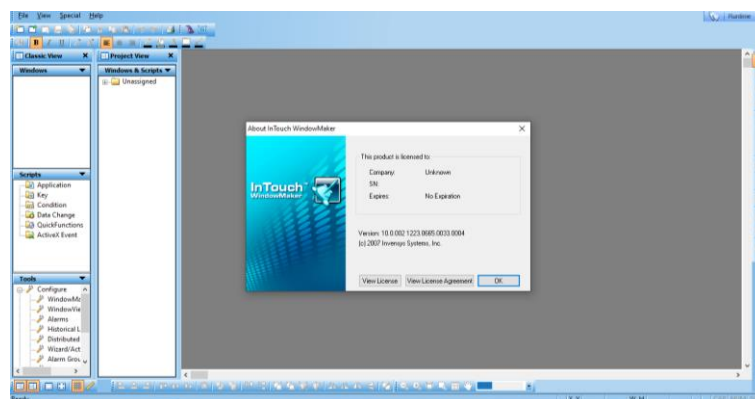
Gambar 2.1 Arsitektur Sistem SCADA [15]

Secara lebih rinci subsistem SCADA terdiri dari operator, *Human Machine Interface*, *Master Terminal Unit* (MTU), sistem komunikasi, RTU ataupun PLC, dan *field device*. Operator bertugas melakukan pengawasan terhadap sistem SCADA atau melakukan *supervisory control* sistem dari jarak yang jauh. *Human Machine Interface* (HMI) merupakan *software* yang dapat menyajikan data dari

proses manufaktur kepada operator berbasis visual baik dalam bentuk animasi, grafik, *trend*, untuk memudahkan operator melakukan pengawasan dan pengendalian dari data yang diperoleh. MTU ialah unit utama (*Master*) dari sistem SCADA yang bertugas mengumpulkan informasi dari RTU ataupun PLC dan melakukan tindakan yang diperlukan pada setiap peristiwa yang terdeteksi. Sistem komunikasi mengacu pada alat komunikasi yang diperlukan untuk transfer data ke dan dari berbagai peralatan dengan media komunikasi yang dapat berupa kabel USB, serial RS 232, jaringan LAN, internet, *wireless*, dan lainnya. PLC (*Programmable Logic Controller*) adalah komputer industri yang sering dijumpai di sistem *plant* dan memiliki kemampuan program yang sangat baik, dan memiliki fitur komunikasi umum yang dapat digunakan dalam sistem SCADA. *Field device* ialah perangkat instrumentasi yang terhubung ke alat atau mesin yang dikendalikan dan dipantau sistem SCADA, dapat berupa sensor maupun aktuator [14].

2.2.2 Software HMI Wonderware InTouch

Wonderware InTouch merupakan perangkat lunak yang dikembangkan oleh Schneider Electric. InTouch adalah *software* yang dapat mengkonfigurasi *Human Machine Interface* (HMI) dan dapat menampilkan dalam bentuk grafis pada integrasi sistem SCADA. *Software* ini memungkinkan operator untuk berinteraksi dengan sistem otomasi dan mendapatkan informasi tentang kondisi operasi dalam bentuk tampilan grafis. Pada *software* Wonderware InTouch terdapat beberapa fitur utama yang dapat digunakan, diantaranya adalah *InTouch application manager*, *InTouch WindowMaker*, *InTouch WindowViewer*, dan *Wonderware I/O server* [16].

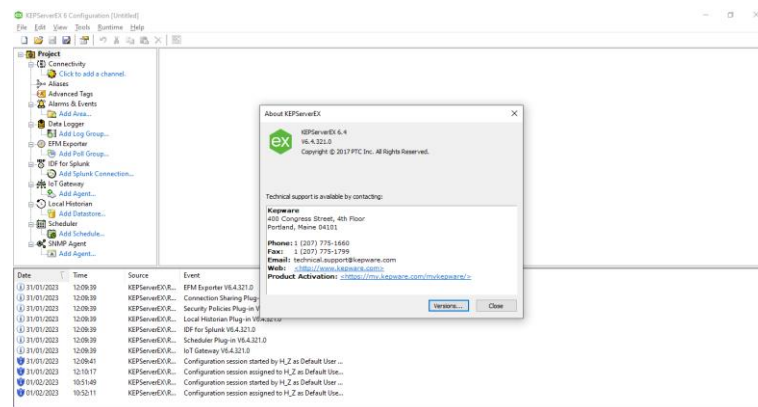


Gambar 2.2 Tampilan Software Wonderware InTouch [16]

Software ini memungkinkan visualisasi data dengan informasi yang cukup lengkap menggunakan grafik, lampu indikator, animasi, grafik tren, dan objek visual lainnya. InTouch dapat terhubung dengan berbagai perangkat lapangan seperti PLC, RTU, dan perangkat kontrol lainnya untuk pemantauan dan pengendalian proses. Dalam *software* ini juga menyediakan sistem alarm, data *logging* historis, dan fitur keamanan. InTouch juga memiliki kemampuan untuk diintegrasikan dengan produk dan *platform* Wonderware lainnya, seperti *Wonderware System Platform* dan *Wonderware Historian* [16].

2.2.3 Software KEPServerEX

KEPServerEX (*Key Performance Server Excellence*) merupakan sebuah perangkat lunak yang dirancang untuk komunikasi antara aplikasi klien, perangkat industri, dan sistem. *Software* ini menyediakan berbagai macam *plugin* dan *driver* perangkat serta komponen yang terdapat pada sebagian besar kebutuhan komunikasi data. KEPServerEX berfungsi sebagai *open platform communications server* untuk menghubungkan dan mengintegrasikan perangkat industri yang berbeda melalui berbagai protokol komunikasi seperti Modbus, OPC DA (*Data Access*), OPC UA (*Unified Architecture*), SNMP (*Simple Network Management Protocol*), dan sebagainya [17].



Gambar 2.3 Tampilan *Software* KEPServerEX [17].

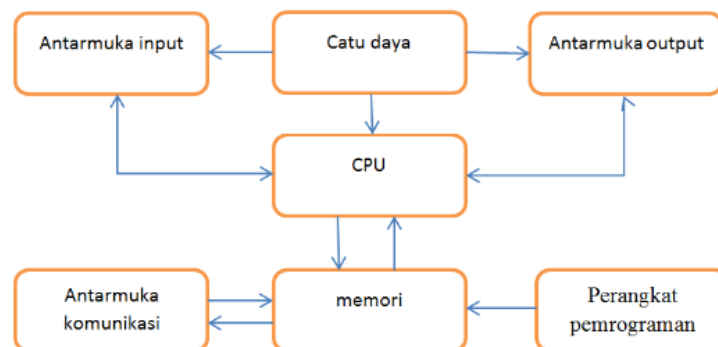
KEPServerEX mendukung berbagai protokol komunikasi industri. Dukungan untuk berbagai protokol ini memungkinkan KEPServerEX untuk berintegrasi dengan berbagai perangkat dan sistem industri. Perangkat lunak ini mendukung konektivitas dengan perangkat dari berbagai vendor, seperti PLC, RTU, DCS, HMI, SCADA, MES, dan lainnya, sehingga memudahkan integrasi

sistem yang beragam. *Software* ini menyediakan antarmuka pengguna yang mudah digunakan untuk manajemen *driver* dan *tag-data* (variabel) yang akan dikirim atau diterima dari perangkat industri yang terhubung. KEPServerEX ini juga memiliki fitur manajemen alarm dan *event*, *historical data logging*, dan fitur keamanan [17].

KEPServer menggunakan protokol OPC (*OLE for Process Control*) sebagai salah satu metode komunikasi utama untuk menghubungkan perangkat industri dan sistem otomasi ke perangkat lunak SCADA dan HMI. OPC merupakan standar industri yang mengizinkan berbagai perangkat dari berbagai tipe untuk berkomunikasi dan berintegrasi dengan mudah. KEPServerEX berfungsi sebagai OPC Server, perangkat lunak yang memungkinkan perangkat-perangkat lainnya yang mendukung protokol OPC untuk berkomunikasi dengannya dan memberikan data yang relevan [18].

2.2.4 Programmable Logic Controller (PLC)

Programmable Logic Controller (PLC) merupakan model pengendali berbasis mikroprosesor yang dapat diprogram untuk menyimpan instruksi-instruksi dan menerapkan beberapa fungsi seperti logika, timing, sequencing, counting, dan aritmetika menyesuaikan kebutuhan untuk mesin-mesin dan proses-proses industri. Perangkat-perangkat masukan misalkan sensor maupun saklar, dan perangkat keluaran yang dikendalikan misalkan motor dan katup dihubungkan ke PLC dan dilakukan pemrograman. PLC memiliki keunggulan dalam hal fleksibilitas karena dalam memodifikasi sebuah sistem kendali, operator hanya cukup memasukkan serangkaian instruksi yang berbeda tanpa perlu mengubah rangkaian kontrol. PLC memiliki beberapa komponen dasar yang terdiri dari CPU, unit catu daya, perangkat pemrograman, unit memori, serta bagian *input* dan *output* [19].



Gambar 2.4 Komponen Dasar PLC [20]

Central Processing Unit (CPU) adalah otak dari PLC dan bertanggung jawab dalam memproses program yang ditulis dan mengendalikan operasi PLC. CPU juga mengambil *input* dari perangkat lapangan, memprosesnya, dan menghasilkan *output* sesuai dengan logika program. Antarmuka *input* berfungsi mengambil sinyal dari sensor dan perangkat lainnya, sedangkan antarmuka *output* mengirimkan sinyal ke aktuator dan perangkat eksekusi lainnya. Sinyal yang dikirim dan diterima dapat berupa digital maupun analog. Komponen catu daya pada PLC menyediakan daya listrik yang diperlukan untuk mengoperasikan PLC dan perangkat I/O. Memori pada PLC meliputi *program memory* untuk menyimpan program PLC, dan *data memory* untuk menyimpan variabel, nilai, dan status yang digunakan oleh program PLC selama eksekusi. Perangkat pemrograman berfungsi sebagai antarmuka antara pengguna dan PLC. *Programmer* atau perangkat lunak ini memungkinkan penulisan, edit, dan mengunggah program ke PLC. *Port* komunikasi pada PLC memungkinkan koneksi dengan perangkat eksternal atau jaringan, seperti Modbus, Profibus, *ethernet*, atau *serial* RS-232/RS-485 [19].

2.2.5 PLC Omron CP1L-M60DT1-D

PLC Omron merupakan salah satu produk unit pengendali yang diproduksi oleh *OMRON Corporation*. PLC Omron digunakan dalam berbagai aplikasi industri seperti manufaktur, otomasi bangunan, otomasi mesin, industri otomotif, dan banyak lagi. PLC Omron memiliki beberapa seri dan model yang ditawarkan untuk berbagai keperluan dan ukuran aplikasi. Omron CP1L-M60DT1-D adalah salah satu tipe PLC dari Omron seri CP1L yang memiliki I/O tipe transistor [21].



Gambar 2.5 PLC Omron CP1L-M60DT1-D [22]

Adapun PLC Omron CP1L-M60DT1-D ini memiliki spesifikasi sebagai berikut.

Tabel 2.2 Spesifikasi Omron CP1L-M60DT1-D

Parameter	Keterangan
Catu daya	24 VDC
Jumlah <i>input</i> digital	36
Jumlah <i>output</i> digital	24
Kapasitas program	10K <i>steps</i>
Kapasitas memori data	32K <i>words</i>
Komunikasi	CompoBus/S <i>Slave</i> , <i>Serial</i> RS-232C, <i>Serial</i> RS-422, <i>Serial</i> RS-485,USB, <i>Ethernet</i>
Jumlah I/O analog	25
Jumlah unit ekspansi maksimal	3

2.2.6 Modul Ekspansi Omron CP1W-MAD11

Omron CP1W-MAD11 adalah modul ekspansi analog *input* dan *output* yang dirancang untuk digunakan dengan PLC Omron. Modul ini memiliki 4 *channel input* analog dan memungkinkan PLC untuk mengakuisisi data analog dari perangkat lapangan seperti sensor suhu, sensor tekanan, dan perangkat lainnya yang menghasilkan sinyal analog [22].



Gambar 2.6 Modul Ekspansi Omron CP1W-MAD11 [22]

Adapun modul ekspansi analog Omron CP1W-MAD11 ini memiliki spesifikasi sebagai berikut.

Tabel 2.3 Spesifikasi Omron CP1W-MAD11

Parameter	Keterangan
Tipe modul	Analog I/O
Jumlah <i>input</i> analog	2
Tipe <i>input</i> analog linear	-10 to 10 V, 0 to 10 V, 0 to 20 mA, 0 to 5 V, 1 to 5 V, 4 to 20 mA
Resolusi <i>input</i> analog	12 Bit
Tipe <i>output</i> analog linear	-10 to 10 V, 0 to 10 V, 0 to 20 mA, 0 to 5 V, 1 to 5 V, 4 to 20 mA
Jumlah <i>output</i> analog	1
Resolusi <i>output</i> analog	12 Bit

2.2.7 PLC Schneider TM221CE16R

PLC Schneider merupakan merupakan unit pengendali yang diproduksi oleh *Schneider Electric*. Schneider TM221CE16R adalah bagian dari keluarga Modicon M221, dapat diaplikasikan pada otomasi industri skala kecil hingga menengah. PLC ini memiliki 9 *input* diskrit dan 7 *output relay normally open* dengan resolusi *input* 10 bit [23].



Gambar 2.7 PLC Schneider TM221CE16R [23]

Adapun PLC Schneider TM221CE1R ini memiliki spesifikasi sebagai berikut.

Tabel 2.4 Spesifikasi Schneider TM221CE1R

Parameter	Keterangan
Catu daya	100-240 VAC
Jumlah <i>input</i> digital	9
Jumlah <i>input</i> analog	2
Jumlah <i>output</i>	7
Tipe <i>output</i>	<i>Relay Normally Open</i>
Kapasitas memori	256 kB
Jumlah <i>port serial</i>	1
Jumlah ekspansi I/O maksimal	4 (<i>local I/O-Architecture</i>) 11 (<i>remote I/O-Architecture</i>)
Komunikasi	<i>Ethernet, Serial, USB</i>

2.2.8 Modul Ekspansi Analog Schneider TM3AM6

Modul ekspansi analog Schneider TM3AM6 merupakan produk dari seri TM3 yang diproduksi oleh Schneider Electric. Perangkat ini dapat disandingkan dengan PLC Schneider seri M221, M241, dan M251. Modul ini bertujuan untuk memperluas kemampuan PLC dalam mengakuisisi data analog dari perangkat

lapangan, seperti sensor suhu, tekanan, level, dan perangkat lainnya yang menghasilkan sinyal analog [24].



Gambar 2.8 Modul Ekspansi Analog Schneider TM3AM6 [24]

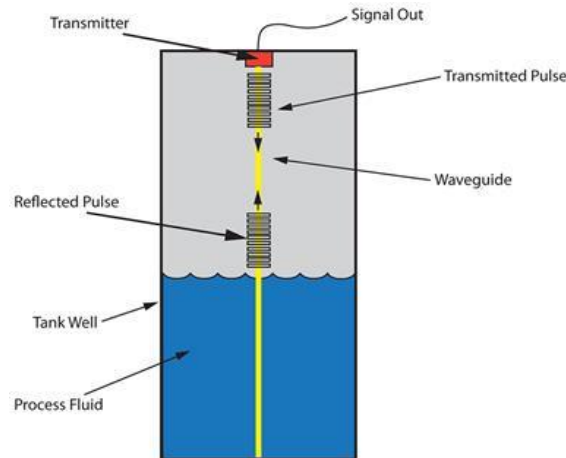
Adapun modul ekspansi analog Schneider TM3AM6 ini memiliki spesifikasi sebagai berikut.

Tabel 2.5 Spesifikasi Schneider TM3AM6

Parameter	Keterangan
Tegangan kerja	24 V
Jumlah <i>input</i> analog	4
Tipe I/O analog	arus 4 - 20 mA arus 0 - 20 mA tegangan 0 - 10 V tegangan -10 - 10 V
Jumlah <i>output</i> analog	2
Resolusi I/O analog	12 bits 11 bits + sign
Jumlah ekspansi I/O maksimal	4 (<i>local I/O-Architecture</i>) 11 (<i>remote I/O-Architecture</i>)
Komunikasi	<i>Ethernet, Serial, USB</i>

2.2.9 Sistem Tangki Air

Tangki merupakan sebuah tempat untuk menampung fluida yang dapat berupa cairan. Tangki air memiliki saluran untuk memasukkan cairan pada bagian atas, dan saluran untuk mengeluarkan cairan pada bagian bawah. Sistem tangki air adalah sebuah sistem yang dirancang untuk menyimpan, mengolah, dan mengatur pasokan air dalam suatu *plant*. Salah satu sistem yang diterapkan pada tangki air ialah sistem pengukuran level air, yang dapat dilakukan dengan sensor [25].



Gambar 2.9 Sistem Pengukuran Level Fluida Pada Tangki [25]

2.2.10 Sensor Sharp GP2Y0E03

Sensor Sharp GP2Y0E03 merupakan unit sensor yang diproduksi oleh *Sharp Corporation*. Sensor ini dapat digunakan sebagai pengukuran jarak dengan keluaran berupa sinyal analog. Sharp GP2Y0E03 adalah salah satu jenis sensor jarak berbasis inframerah dan dirancang untuk mendeteksi jarak antara sensor dan objek di depannya dengan menggunakan sinar inframerah yang dipancarkan dan dipantulkan oleh objek. Alat ini terdiri dari *position sensitive detector*, *LED Infrared*, dan sirkuit pemrosesan sinyal. Perangkat ini bekerja dengan mengeluarkan tegangan sesuai dengan jarak deteksi, dan dapat diproses melalui mikrokontroler dengan komunikasi UART, I2C, atau analog [26].



Gambar 2.10 Sensor Sharp GP2Y0E03 [27]

Adapun sensor Sharp GP2Y0E03 ini memiliki spesifikasi sebagai berikut.

Tabel 2.6 Spesifikasi Sensor Sharp GP2Y0E03

Parameter	Keterangan
Catu daya	2,7 – 5,5 VDC
Arus kerja	26 mA
Rentang jarak pengukuran	4 – 50 cm
Tegangan keluaran	0,3 – 2,3 VDC

2.2.11 PT93221 Servo Trainer

Perangkat PT93221 *Servo Trainer* merupakan alat peraga sistem motor *servo* dengan bentuk panel. Pada panel ini terdapat berbagai modul yang terkait dengan kendali motor, diantaranya motor *assembly*, *driver* PWM, *tachometer*, *function generator*, *loading control*, dan modul kontrol lainnya. Setiap modul dilengkapi dengan proteksi tegangan dan arus lebih untuk menghindari kerusakan. Terminal I/O pada panel ini menggunakan soket dan *plug* berukuran 4mm [28].



Gambar 2.11 Panel PT93221 *Servo trainer* [28]

2.2.12 Protokol FINS

Protokol FINS (*Factory Interface Network Service*) adalah protokol komunikasi yang dikembangkan oleh perusahaan Omron untuk digunakan dalam sistem otomasi industri mereka. FINS digunakan untuk menghubungkan dan berkomunikasi antara berbagai perangkat Omron, seperti PLC (*Programmable Logic Controller*), HMI (*Human Machine Interface*), dan perangkat lainnya dalam jaringan sistem otomasi. Protokol ini mendukung beberapa mode komunikasi, termasuk mode *point-to-point* dan mode *multicast*. Penggunaan mode komunikasi tersebut bergantung pada kebutuhan dan topologi jaringan [29].

FINS dapat menggunakan beberapa antarmuka untuk proses komunikasi, diantaranya *serial*, *ethernet*, *fieldbus*, *USB*, dan *wireless*. dalam FINS menggunakan protokol *transport layer* yang dapat diandalkan untuk memastikan pengiriman pesan yang akurat dan tepat waktu. Setiap perangkat dalam jaringan FINS memiliki alamat *node* yang unik, yang digunakan untuk mengidentifikasi perangkat tersebut dalam jaringan. Protokol FINS mengikuti model komunikasi

command/response, di mana perangkat pengirim mengirimkan pesan permintaan (*command*) dan perangkat penerima merespons (*response*) dengan pesan balasan. FINS mendukung berbagai jenis data, termasuk data biner, angka desimal, karakter ASCII, dan data lainnya. FINS juga menyediakan fitur keamanan untuk melindungi integritas dan kerahasiaan data yang dikirimkan dalam jaringan [29].

2.2.13 Protokol Modbus

Modbus merupakan protokol komunikasi dua arah yang umum digunakan sebagai media komunikasi dengan perangkat industri atau media elektronik lainnya dengan komputer. Modbus sering digunakan untuk menghubungkan komputer dengan RTU dan sistem SCADA. Modbus memungkinkan adanya komunikasi dua jalur antar perangkat yang terhubung ke jaringan yang sama, misalnya suatu sistem yang mengukur suhu dan kelembaban dan mengirimkan hasilnya ke komputer (HMI) [30].

Modbus sering digunakan untuk menghubungkan *supervisory computer* dengan RTU dan sistem SCADA. Protokol komunikasi Modbus RTU digunakan menggunakan komunikasi serial RS-485 dan menggunakan representasi nilai data biner yang dipadatkan sebagai protokol komunikasi. Sedangkan Modbus TCP/IP lebih cepat dalam melakukan transfer data dibanding dengan Modbus RTU. Pada aplikasi sistem SCADA ataupun otomasi yang kompleks dimana digunakan perangkat dalam jumlah yang banyak dan beraneka ragam atau dimana tingkat lalu lintas transfer data yang padat, lebih disarankan menggunakan Modbus TCP/IP untuk mencapai tingkat *real-time* yang lebih tinggi [30].

2.2.14 Akurasi dan Kesalahan (*Error*) Pengukuran

Akurasi adalah tingkat perbedaan antara nilai pengamatan dengan nilai sebenarnya. Keakuratan sistem pengukuran mengacu kepada kemampuannya dalam menunjukkan nilai sebenarnya secara tepat. Akurasi terkait dengan kesalahan absolut (*absolute error*) yang disimbolkan dengan huruf epsilon (ϵ), yang merupakan perbedaan antara nilai sebenarnya yang diterapkan pada sistem pengukuran dengan nilai yang ditunjukkan sistem. Kesalahan absolut dinyatakan dengan Persamaan 2.1., dan akurasi (A) dinyatakan dengan Persamaan 2.2. [31]

$$e = \frac{|\text{Nilai sebenarnya} - \text{Nilai yang ditunjukkan}|}{\text{Nilai sebenarnya}} \times 100\% \quad (2.1)$$

dan

$$A = 100\% - e \quad (2.2)$$

2.2.15 *Quality of Services* Pada Jaringan Komunikasi

Quality of Service (QoS) merupakan konsep yang digunakan dalam teknologi jaringan dan telekomunikasi untuk mengukur serta mengelola kualitas kinerja layanan yang diberikan kepada pengguna. QoS berfokus pada bagaimana jaringan atau sistem komunikasi dapat memberikan performa yang konsisten, andal, dan sesuai dengan standar tertentu. Pentingnya QoS timbul karena berbagai jenis layanan yang menggunakan jaringan memiliki kebutuhan yang berbeda dalam hal kecepatan, latensi, keandalan, dan sumber daya lainnya. Contohnya, layanan suara dan video real-time memerlukan rendahnya latensi dan pengiriman yang konsisten, sementara transfer data berbasis teks mungkin lebih toleran terhadap sedikit keterlambatan. Salah satu aspek yang dipertimbangkan dalam pengelolaan QoS adalah *delay* [32].

Delay ialah waktu yang dibutuhkan untuk sebuah paket dikirimkan dari suatu perangkat ke perangkat lain yang dituju. *Delay* dalam proses transmisi paket disebabkan karena adanya antrian yang panjang atau mengambil rute lain untuk menghindari kemacetan pada *routing*. *Delay* dapat dipengaruhi oleh jarak, media fisik, kongesti atau juga waktu proses yang lama. Parameter QoS ini penting dalam komunikasi jaringan dan dapat memiliki dampak signifikan pada performa komunikasi. TIPHON (*Telecommunications and Internet Protocol Harmonization Over Network*). TIPHON merupakan standar penilaian parameter QoS yang dikeluarkan oleh badan standar ETSI (*European Telecommunications Standards Institute*) [33]. Adapun kategori latensi menurut standar TIPHON ada pada tabel 2.7

Tabel 2.7 Kategori Latensi

Kategori Latensi	Besar <i>Delay</i>	Indeks
Sangat Baik	<150 ms	4
Baik	150 -300 ms	3
Cukup	300-450 ms	2
Buruk	>450 ms	1