

DESIGN AND IMPLEMENTATION OF WIRELESS SENSOR AND ACTUATOR FOR PLC BASED SCADA SYSTEM IN STANDARD WATER FILTRATION PROCESS

Albertus Agung FH

agungsepuluh@yahoo.com

Submitted : 21 Maret 2018 | Accepted : 30 Maret 2018

Abstract

This research aims to design and implement a cheap, low power and reliable wireless sensor and actuator system which can be used in the PLC based SCADA system to overcome the limitations of wire media. The wireless sensor and actuator system can also be used as an alternative to reduce the amount of the used PLC within SCADA system. Usually, in a PLC based SCADA system, sensor and actuator are connected to PLC with wire. It has many limitations especially in terms of flexibility and resistance to interference noise, In the PLC based SCADA system with wire media also causes the number of the installed PLC will increase at each location that will be monitored or controlled. This is not efficient if the location has only a few sensors or actuators that are connected to PLC because it will have an impact on the greater costs due to expensive price of the PLC. In this research already designed a wireless sensor and actuator system based on WPAN technology (IEEE 802.15.4) is cheap, low power and reliable. The results reveal that the wireless sensor and actuator system is able to send data with good accuracy and also able to operate well when implemented to PLC based SCADA system with open loop control and closed loop control to control the water level in the tub filtration. From the results, it can be concluded that the wireless sensor and actuator system can be used in the PLC based SCADA system to overcome the limitations of wire media and can also be used as an alternative to reduce the amount of the used PLC within SCADA system.

Keywords: SCADA, PLC, monitoring, control, wireless sensor , actuator wireless, WSN.

LATAR BELAKANG

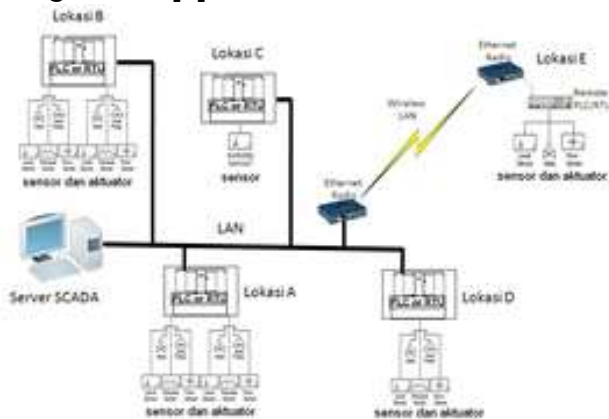
PDAM Makassar sebagai perusahaan pemerintah yang memiliki kewenangan dalam hal proses pengolahan dan penjernihan sekaligus pendistribusian air bersih, memiliki tanggung jawab untuk menjaga kualitas dan kuantitas air yang diberikan kepada masyarakat. Untuk itu diperlukan metode yang tepat dalam pengelolaannya. Sistem pengolahan air di PDAM Makassar wilayah IV yang beralamat di jalan Dr. Ratulangi memiliki area geografis yang cukup luas, seluas kurang lebih 40.000 m² [1].

Dengan area geografis yang cukup luas ini sudah sebaiknya PDAM menggunakan sistem SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) yang tepat dengan mempertimbangkan faktor jarak antara letak unit kendali dan peralatan (sensor dan aktuator) dilapangan agar dapat dipantau dan

dikendalikan dengan lebih akurat, mudah dan efisien.

Sistem SCADA mengacu pada kombinasi antara telemetri dan akuisisi data serta telekontrol atau kendali jarak jauh. Sistem SCADA yang berkembang saat ini banyak menggunakan PLC sebagai RTU (Synchrony, 2001) dan banyak menggunakan media kabel sebagai penghubung antara PLC/RTU dengan sensor dan aktuator dilapangan. Namun media kabel memiliki banyak keterbatasan antara lain semakin panjang kabel maka tahanan kabel semakin besar yang dapat menyebabkan attenuasi pada sinyal tegangan yang dikirim, terutama terasa sekali bila impedansi beban nilainya kecil. Kabel yang panjang juga rawan terhadap gangguan noise. Sehingga umumnya pada media kabel letak PLC/RTU selalu dekat dengan sensor dan aktuator dilapangan yang

menyebabkan jumlah PLC/RTU yang dipasang semakin bertambah pada setiap lokasi yang ingin dimonitoring dan/atau dikendalikan. Ini menjadi tidak efisien apabila pada lokasi tersebut hanya terdapat sedikit sensor atau aktuator yang terpasang pada sebuah PLC/RTU, karena akan berdampak pada biaya yang semakin besar disebabkan harga PLC/RTU yang cukup mahal dan akan lebih mahal lagi apabila menggunakan PLC/RTU yang berbasis WIFI sebagai media komunikasi dengan MTU [5].



Gambar 1. Sistem SCADA yang berkembang saat ini

Selain itu sistem kabel juga membutuhkan waktu yang cukup lama dan biaya yang besar jika kabel harus dipasang dibawah tanah (Hany Fouda, 2010). Sistem kabel juga kurang fleksibel karena tidak mudah dipindah pindahkan bila ada perombakan sistem dan tidak dapat dipasang pada peralatan yang berputar serta berbagai masalah dalam pemeliharaan seperti kabel terbakar, korosi, kerusakan akibat hewan dan lain lain [1].

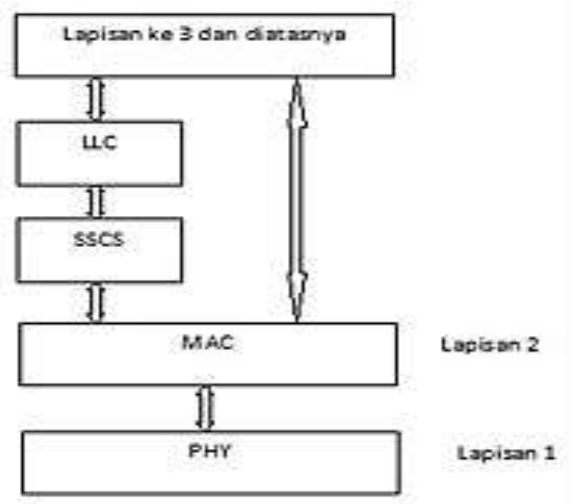
Namun saat ini dengan adanya teknologi wireless yang semakin berkembang dan bervariasi, selain teknologi WIFI (IEEE 802.11b) dan Bluetooth (IEEE 802.15.1) terdapat juga WPAN (IEEE 802.15.4). Standar WPAN ini ditetapkan pada Mei 2003 dan mulai banyak dipakai pada Wireless Sensor Network (WSN) karena memiliki kelebihan murah, hemat daya, bebas lisensi & bebas biaya operasi [7]. Teknologi WSN ini juga memiliki potensi mamfaat yang besar untuk dikembang pada sistem SCADA antara lain dapat mengurangi biaya pemasangan dan pemeliharaan serta membuat sistem SCADA lebih fleksibel jika dibandingkan dengan

menggunakan media kabel, namun sampai saat ini WSN masih menghadapi beberapa isu dalam pengembangannya seperti persentase keakuratan data sensor sampai ditempat tujuan, delay waktu pengiriman data, masalah latency atau waktu yang diperlukan untuk sebuah pembacaan sensor mencapai sistem automasi harus dipersingkat dari beberapa milidetik hingga 1 detik jika data sensor digunakan dalam sistem kendali daur tertutup [4].

TEORI

Teknologi nirkabel telah mengalami perkembangan pesat dalam beberapa tahun terakhir ini. Telah ada beberapa standar yang dibuat seperti Bluetooth (IEEE 802.15.1), WLAN atau Wireless Local Area Network (IEEE 802.11b), dan GSM (Global Sistem for Mobile) dan CDMA (Code Division Multiple Access), WPAN atau Wireless Personal Area Network (IEEE 802.15.4), Zigbee dan lain lain. Masing masing mempunyai kelebihan dan kekurangan [11].

Untuk aplikasi WSN yang sedang berkembang saat ini umumnya menggunakan standar protokol WPAN (IEEE 802.15.4) ataupun Zigbee yang merupakan hasil pengembangan lanjut dari WPAN. IEEE 802.15.4 adalah standar yang dibuat oleh Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). Standar ini hanya menggunakan 2 lapisan pertama dalam model OSI (Open System Interconnection) ditambah dengan Logical Link Control (LLC) dan Service Specific Convergence Sub-layer (SSCS) untuk berkomunikasi dengan semua lapisan di atasnya [5].



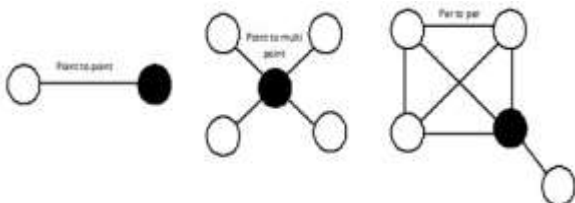
Gambar 3. Standar WPAN

Pada lapisan pertama atau lapisan fisik, sementara ini ada tiga penetapan frekuensi yang digunakan, band 2,4 GHz adalah yang paling banyak digunakan. Kebanyakan chip dan modul yang tersedia menggunakan band ISM populer ini.

Tabel 2. Frekuensi yang digunakan WPAN

Pilihan Untuk Frekuensi Kerja Yang Ditetapkan			
Wilayah regional	Eropa	Amerika	Internasional
Frekuensi kerja	868 - 868,8 MHz	902 - 928 MHz	2,4 - 2,4835 GHz
Jumlah kanal	1	10	12-16
Bandwith kanal (MHz)	0,6	2	5
Kecepatan data (kbps)	20	40	250
Modulasi	BPSK	BPSK	O-QPSK

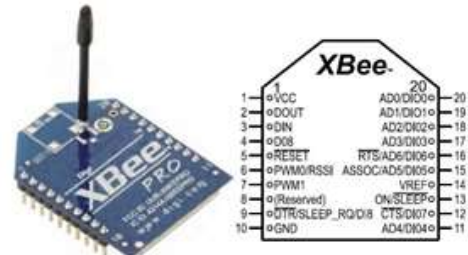
Standar ini menggunakan modulasi Direct Sequence Spread Spectrum (DSSS). Modulasi ini tahan terhadap gangguan noise dan menawarkan coding gain untuk meningkatkan keandalan link. Standar Biner Phase Shift Keying (BPSK) digunakan dalam dua versi kecepatan data rendah, sementara Offset Quadrature Phase Shift Keying (O-QPSK) digunakan untuk versi kecepatan data yang lebih tinggi. Berkaitan dengan akses kanal, IEEE 802.15.4 menggunakan Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance (CSMA-CA). Teknik multiplexing ini memungkinkan beberapa node mengakses saluran yang sama pada waktu yang berbeda tanpa gangguan (Lou Frenzel, 2013). Untuk topologi jaringan yang didukung adalah point to point, point to multipoint dan peer to peer [17].



Gambar 4. Topologi jaringan yang didukung WPAN

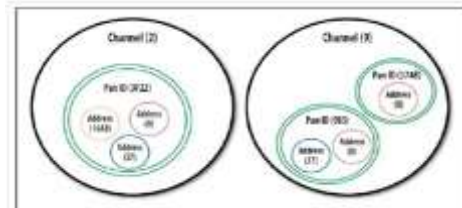
Modul RF XBee-PRO OEM (Seri 1) adalah modul radio transceiver yang menggunakan standar protokol jaringan IEEE 802.15.4. Modul ini memiliki kelebihan murah, hemat daya, bebas lisensi dan bebas biaya

operasi, yang memang sangat dibutuhkan untuk pengembangan aplikasi jaringan sensor nirkabel. Berikut ini adalah spesifikasi dari modul RF XBee-PRO OEM (Seri 1) yang memiliki 20 Pin dengan fungsi yang sudah ditetapkan, seperti tampak pada gambar dibawah ini.



Gambar 5. XBee-PRO OEM (Seri 1) tampak atas

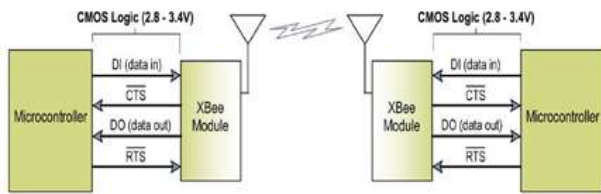
Menurut Robert Faludi (2011) Kanal frekuensi dan PAN ID digunakan untuk membedakan sebuah jaringan dengan jaringan yang lain. Kanal Frekuensi bisa diibaratkan sebagai sebuah negara. Pada frekuensi ISM 2,4GHz ada 12 kanal yang tersedia. Sedangkan PAN ID bisa diibaratkan sebagai sebuah kota. PAN ID tidak ditulis dengan nama tetapi dengan angka, dalam format 16-bit. Ada 65.536 PAN ID yang tersedia, masing - masing memiliki kemampuan untuk menghasilkan 65.536 alamat radio di bawahnya. Secara teori skema pengalamatan ini memiliki kapasitas lebih dari 4 miliar jumlah radio [15].



Gambar 6. Hubungan antara Kanal, PAN ID dan Alamat (Robert Faludi, 2011)

Metode tidak langsung

Metode tidak langsung dilakukan dengan menggunakan bantuan mikrokontroler eksternal yang dihubungkan ke XBee-PRO melalui pin antarmuka data UART yang merupakan pin komunikasi data secara serial. Metode ini biasanya dilakukan bila ingin membangun sistem yang cukup kompleks atau jika banyak sensor dan aktuator yang ingin dihubungkan ke dalam sistem. Namun dengan adanya penambahan mikrokontroler eksternal berakibat pada bertambahnya konsumsi daya dan biaya [13].



Gambar 7. Metode pengiriman data tidak langsung

Metode langsung

Pada metode langsung proses pengiriman data dari sensor dan aktuator dilakukan langsung oleh modul radio Xbee-PRO tanpa menggunakan mikrokontroler eksternal. Walaupun metode ini memiliki keterbatasan pada jumlah I/O dan keterbatasan pada akses ke berbagai macam operasi logika namun kelebihan metode ini adalah lebih hemat daya dan lebih murah terutama pada jaringan sensor dengan ratusan node. Pada penelitian ini memilih metode langsung sebagai metodenya. Modul radio Xbee PRO mendukung ADC (Analog-to-digital conversion) dan digital I/O line passing. Pin berikut mendukung fungsi yang beragam [16]. Untuk mengaktifkan fungsi pin ADC dan DIO:

- Untuk mendukung fungsi ADC, atur ATDn = 2
- Untuk mendukung fungsi Input Digital, atur ATDn = 3
- Untuk mendukung fungsi Output Digital (LOW), atur ATDn = 4
- Untuk mendukung fungsi Output Digital (HIGH), atur ATDn = 5

Data I/O dimulai dengan sebuah header. Byte pertama dari header mendefinisikan jumlah sampel yang datang. Sampel terdiri dari data input dan input dapat dapat berisi ADC ataupun DIO. 2 byte terakhir dari header (indikator kanal) mendefinisikan input mana yang aktif. Setiap bit mewakili jalur DIO ataupun kanal ADC Fitur sample rate memungkinkan diaktifkannya pin ADC dan DIO untuk dibaca secara berkala pada modul yang tidak dikonfigurasi untuk beroperasi pada mode Sleep. Ketika salah satu mode Sleep diaktifkan dan parameter IR (Sample Rate) diatur, modul tetap terjaga hingga sampel TI (Sampel sebelum TX) telah dikumpulkan. Setelah pin tertentu diaktifkan, sample rate yang tepat harus dipilih. Sample rate maksimum yang dapat dicapai saat

menggunakan satu jalur A/D adalah 1 sampel /ms atau 1 KHz. (Perhatikan bahwa modem tidak akan mampu bertahan saat transmisi ketika IR & IT sama dengan "1") [14].

Kabel bayangan dapat dibuat diantara modul Xbee - PRO. Ketika paket data RF diterima yang berisi data I/O, modul penerima dapat setup untuk memperbarui output manapun yang dapat diaktifkan (PWM dan DIO) berdasarkan pada data yang diterimanya. Perhatikan bahwa jalur I/O dipetakan secara berpasangan. Sebagai contoh: AD0 hanya dapat memperbarui PWM0 dan DI5 hanya dapat memperbarui DO5. Setup default adalah untuk output yang tidak dapat diperbarui, yang dihasilkan pada data I/O yang dikirim keluar UART (lihat perintah IU (Enable I/O Output)). Untuk mengaktifkan output yang akan diperbarui, parameter IA (I/O Input Address) harus setup dengan alamat modul yang memiliki input yang sesuai untuk diaktifkan. Ini secara efektif mengikat output ke input modul tertentu. Ini tidak mempengaruhi kemampuan modul untuk menerima data I/O dari modul lain hanya kemampuannya untuk memperbarui output diaktifkan. Parameter IA juga dapat setup untuk menerima data I/O untuk merubah output dari setiap modul dengan menetapkan parameter IA ke 0xFFFF. Ketika output dirubah dari keadaan tidak aktif, modul bisa diseting untuk mengembalikan level output ke keadaan tidak aktifnya. Timer diatur menggunakan perintah Tn (Timer Output Dn) dan PT (Timeout output PWM). Timer di-reset setiap kali paket I/O valid (lulus pemeriksaan IA) diterima. Parameter IC (Change Detect) dan IR (Sample Rate) bisa diseting untuk menjaga pengaturan output ke output aktifnya jika sistem membutuhkan waktu lebih dari waktu yang dapat dilakukan. DI8 tidak dapat digunakan untuk I/O Line Passing [19].

Mode Idle yaitu mode ini terjadi bila modul RF tidak sedang menerima / mengirimkan data. Mode transmit/receive yaitu mode ini terjadi bila modul RF sedang menerima atau mengirimkan data. Setiap paket data yang dikirim mengandung alamat sumber dan alamat tujuan. Alamat sumber sesuai dengan alamat modul pemancar yang dinamakan dengan parameter MY (Source Address) (jika MY>=0xFFFFE), parameter SH (Serial Number High) atau parameter SL (Serial Number Low). Alamat tujuan dibuat dari parameter DH (Destination Address High) dan

DL (Destination Address Low). Alamat sumber dan/atau alamat tujuan dapat berisi alamat panjang 64-bit maupun alamat pendek 16-bit [20].

Mode Sleep untuk mengaktifkan modul RF untuk memasuki keadaan konsumsi daya rendah saat tidak digunakan. Dalam rangka untuk masuk ke Mode Sleep, salah satu kondisi berikut harus dipenuhi (selain modul memiliki nilai parameter non-zero SM):

- Sleep_RQ (pin 9) dihubungkan dan modul berada dalam pin mode sleep (SM = 1, 2, atau 5)
- Modul idle (tidak ada transmisi atau penerimaan data) untuk jumlah waktu yang ditetapkan oleh parameter ST (Time before Sleep). [CATATAN: ST hanya aktif ketika SM = 4-5.]

Mode Command untuk memodifikasi atau membaca parameter Modul RF, modul harus terlebih dahulu masuk ke mode Command - keadaan di mana karakter yang masuk diinterpretasikan sebagai perintah. Dua pilihan mode Command yang didukung: mode AT Command dan mode API Command [10].

SCADA

Scada merupakan singkatan untuk Supervisory Control and Data Acquisition. SCADA mengacu pada kombinasi antara telemetri dan akuisisi data. SCADA meliputi pengumpulan informasi, mengirimkan informasi ke stasiun pusat, melaksanakan semua analisis dan kontrol yang diperlukan dan kemudian menampilkan informasi tersebut pada sejumlah layar operator atau display. Aksi kontrol yang diperlukan kemudian disampaikan kembali ke proses [3]. Sistem scada banyak dipakai untuk memonitor dan mengendalikan plant atau peralatan di industri seperti industri telekomunikasi, industri pengolahan air bersih dan air limbah, industri kilang minyak dan gas, industri transportasi, pembangkit tenaga listrik dan lain lain. Sistem ini dapat sederhana seperti memonitor kondisi lingkungan sebuah gedung kantor atau sangat kompleks seperti memonitor semua aktivitas dalam sebuah pembangkit listrik tenaga nuklir atau aktivitas dalam sistem pengolahan air bersih sebuah kota. Sebuah sistem SCADA mulai dari yang sederhana maupun yang sangat kompleks umumnya terdiri dari 3 elemen utama yaitu:

- Master Terminal Unit (MTU)

- Remote Terminal Unit (RTU)
- Sistem Komunikasi

Keseluruhan trend SCADA mulai tahun 2000 hingga sekarang ini telah bermigrasi ke sebuah sistem SCADA yang berbasis PLC, non proprietary dan open architecture. Beberapa vendor seperti Allen Bradley sekarang membuat micro PLC yang dikhususkan untuk aplikasi SCADA [5].

RTU adalah peralatan elektronik digital yang bertugas mengumpulkan informasi dari peralatan lapangan seperti sensor dan aktuator. Informasi ini biasanya berupa data analog, diskrit maupun pulsa yang akan dikirim ke MTU menggunakan protocol komunikasi tertentu seperti TCP/IP atau yang lainnya. Sejak tahun 1980 saat PLC mulai digunakan dalam kendali industri maka PLC mulai digunakan juga dalam implementasi sistem SCADA sebagai RTU. Beberapa kelebihan PLC sebagai RTU adalah PLC tetap dapat mengendalikan plant dengan kendali local tanpa harus menunggu perintah dari MTU saat komunikasi dengan MTU terputus karena PLC juga memiliki program yang tersimpan dalam memorinya. Selain itu dari sisi harga, PLC menawarkan harga yang lebih ekonomis[12].

PLC lebih pintar daripada RTU, tidak seperti RTU, sebuah PLC tetap dapat mengendalikan plant tanpa harus menunggu perintah dari MTU jika diperlukan ketika komunikasi PLC dengan MTU terputus. Sebuah editor majalah Electrical Control pernah menulis "Trend menuju PLC sebagai RTU menjadikan sistem SCADA lebih functional dan powerfull akan terus berlanjut dengan pengembangan software SCADA yang semakin canggih". Pengembangan sistem kendali jarak jauh dimana MTU mengendalikan PLC akan semakin mempercepat kepunahan RTU proprietary saat pengguna mengganti sistem proprietary lama dengan sistem kendali yang open architecture berbasis pada komponen yang berstandar industri [14].

Vijeo Citect adalah paket software Scada dari Schneider yang sangat flexible, simple, dan terorganisir untuk menangani supervisi pada proses industrial plant. Software terintegrasi tools yang berbeda untuk mempermudah intuisi dan kreatifitas dalam membuat desain HMI. Vijeo Citect juga mendukung fasilitas multilanguages serta memiliki library driver protocol komunikasi untuk berbagai jenis device (PLC, controller,

motor drives, data acquisition module, dan lainnya). Mempunyai kemudahan dalam merekam data proses berupa trending dan data dapat di-export kedalam Microsoft Excel, Acces, dan lainnya sebagai report [12].

Vijeo Citect memiliki beberapa fitur utama menarik antara lain :

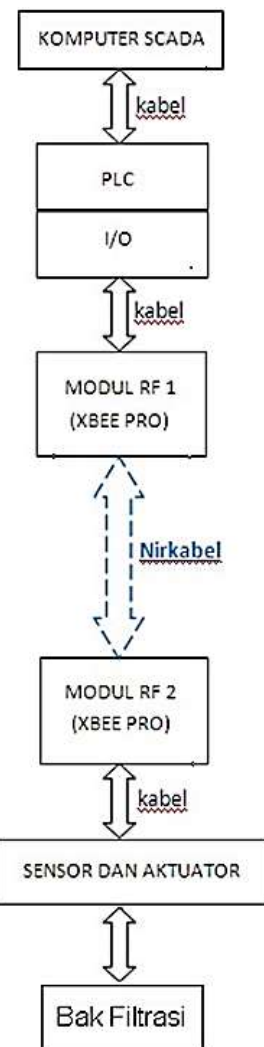
- Flexibility dan reliability,
- Integration.
- Ease of use.
- Accessibility.
- Architectures type.
- Runtime applications.
- Security



Gambar 8. SCADA Vijeo Citect

METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini digunakan pendekatan metode studi literatur (library research) dan studi lapangan (field research) untuk perancangan sistem. Pengembangannya dilakukan beberapa tahap. Rancangan sistem yang dibuat dan diuji pada penelitian ini. Untuk Bak Filtrasi dibuat dalam bentuk miniature yang dilengkapi dengan sensor level dan sensor debit air serta 2 buah katub motor, 1 buah katub solenoid dan 1 buah motor pompa sebagai aktuator.



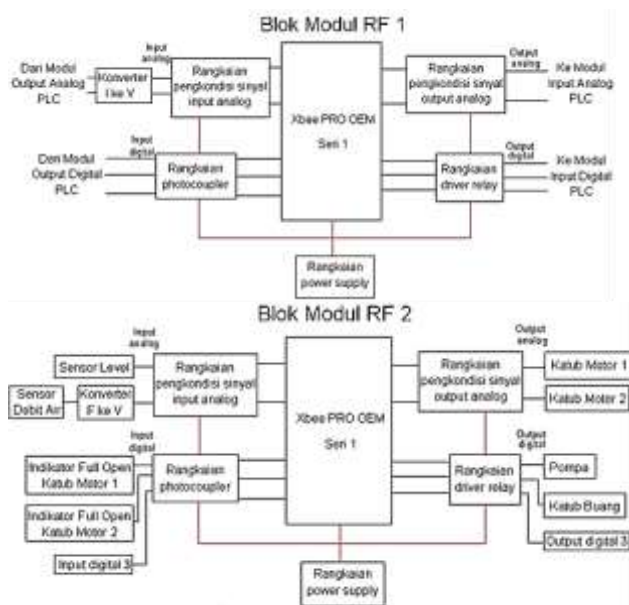
Gambar 9. Rancangan Sistem.

HASIL

Sistem ini terdiri dari 1buah PC atau laptop, 1buah PLC lengkap dengan Modul I/O digital dan analog, sepasang Modul RF, komponen sensor dan komponen aktuator. Penjelasan untuk masing masing elemen sistem dalam blok diagram sistem SCADA adalah sebagai berikut.

PC atau Laptop digunakan sebagai komputer SCADA atau MTU. MTU diprogram menggunakan software SCADA Vijeo Citect agar dapat melakukan proses kendali dan monitoring. MTU ini dihubungkan dengan PLC/RTU menggunakan protokol modbus TCP/IP melalui kabel RG45. PLC digunakan sebagai RTU. PLC yang digunakan disini adalah PLC Schneider M340. PLC ini diprogram menggunakan software unity pro agar dapat membaca data dari sensor dan mengendalikan aktuator. Modul I/O PLC terhubung ke Modul

RF 1 yang merupakan bagian dari sistem sensor dan aktuator nirkabel Prototype dan blok diagram sistem sensor dan aktuator nirkabel yang dibuat dalam penelitian ini ditunjukkan pada gambar dibawah ini. Sistem ini terdiri atas sepasang Modul RF yang dikonfigurasi point to point. Modul RF ini diprogram menggunakan software XCTU untuk mengkonfigurasi pin I/O-nya dan agar kedua modul dapat saling berkomunikasi. Jumlah pin I/O-nya adalah 2 pin untuk I/O analog dan 3 pin untuk I/O digital.



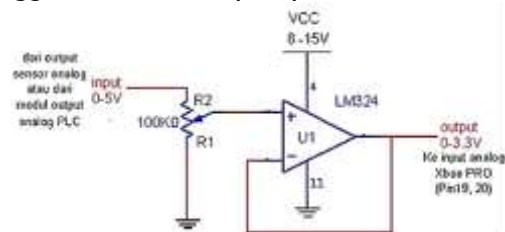
Gambar 10. Blok sistem sensor dan aktuator nirkabel



Gambar 11. Prototype sistem sensor dan aktuator nirkabel

Rangkaian pengkondisi sinyal input analog ini adalah rangkaian yang berfungsi mengubah tegangan 0-5V yang berasal sensor maupun yang berasal dari output analog PLC menjadi tegangan 0-3,3V. Perubahan level tegangan ini diperlukan karena input analog pada modul RF Xbee. PRO hanya dapat menerima tegangan masukan maksimal hingga 3,3V. Rangkaian ini terdiri atas rangkaian pembagi tegangan dan penguat penyangga (voltage follower) yang berfungsi sebagai penyangga agar sinyal input tidak terbebani.

Rangkaian pembagi tegangan berupa trimpot sedangkan penguat penyangga menggunakan IC Opamp LM324.

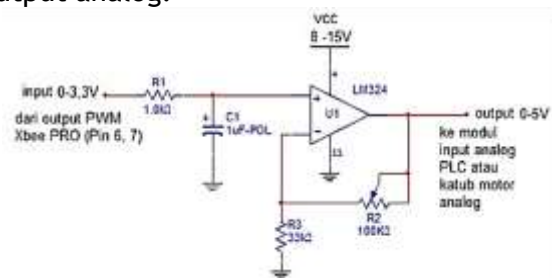


Gambar 12. Rangkaian pengkondisi sinyal input analog

Dengan nilai $V_i = 5V$, $V_o = 3,3V$ dan $R_1 + R_2 = 100k\Omega$. Nilai $R_1 = 66k\Omega$ bisa didapat dengan mudah dengan cara mengatur trimpot hingga didapat $V_o = 3,3V$.

Rangkaian pengkondisi sinyal output analog

Rangkaian pengkondisi sinyal output analog mempunyai fungsi yang berlawanan dengan rangkaian pengkondisi sinyal input analog yaitu mengubah level tegangan output PWM Xbee yang besarnya 0-3,3V menjadi 0-5V sesuai standar tegangan yang dibutuhkan oleh modul input analog PLC dan juga aktuator analog yang berupa katub motor yang dapat dibuka secara linier menggunakan sinyal analog 0-5V. Rangkaian pengkondisi sinyal output analog ini terdiri atas rangkaian Low Pass Filter (LPF) dan penguat tak membalik. Rangkaian LPF berfungsi untuk mengubah output PWM yang keluarannya berupa lebar pulsa menjadi tegangan DC 3,3V. Pada prinsipnya rangkaian LPF berfungsi sebagai filter untuk membuang komponen frekuensi tinggi yang terdapat pada sinyal pulsa PWM agar didapatkan komponen tegangan DC-nya saja. Sedangkan rangkaian penguat tak membalik berfungsi untuk menguatkan level tegangan 3,3V menjadi 5V. Berikut ini adalah gambar rangkaian dari pengkondisi sinyal output analog.



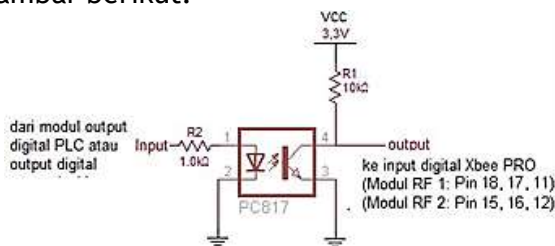
Gambar 13. Rangkaian pengkondisi sinyal output analog

Untuk LPF besarnya frekuensi cutoff ditentukan nilai $f_c = 187 \text{ Hz}$ dan $R_1 = 1k\Omega$,

Untuk penguat tak membalik besarnya penguatan ditentukan $V_o = 5V$, $V_i = 3,3V$ dan $R_3 = 33K\Omega$ maka besarnya Nilai $R_2 = 17K\Omega$ bisa didapat dengan mudah dengan cara mengatur trimpot R_2 hingga didapat $V_o = 5V$.

Rangkaian photocoupler

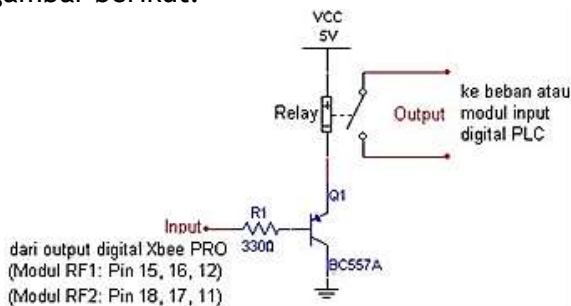
Rangkaian photocoupler berfungsi sebagai interface input digital Xbee PRO dengan rangkaian luar seperti modul output digital PLC, tombol maupun peralatan digital lainnya yang menggunakan tegangan kerja yang lebih besar dari tegangan kerja input digital Xbee PRO yang hanya sebesar 3,3V. Rangkaian photocoupler diperlihatkan pada gambar berikut.



Gambar 14. Rangkaian photocoupler

Rangkaian driver relay

Rangkaian driver relay berfungsi sebagai interface output digital Xbee PRO dengan rangkaian luar. Output digital Xbee PRO yang hanya mengeluarkan tegangan 3,3V memberikan sinyal trigger kepada transistor PNP BC 557 yang bertindak sebagai penggerak relay 5V, sedangkan relay berfungsi sebagai saklar untuk mengendalikan beban maupun memberikan sinyal ke modul input digital PLC. Rangkaian driver relay diperlihatkan pada gambar berikut.



Gambar 15. Rangkaian driver relay

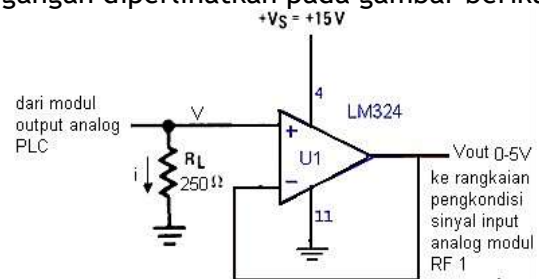
Rangkaian konverter frekuensi ke tegangan

Rangkaian konverter frekuensi ke tegangan berfungsi mengubah output sensor debit air yang berupa pulsa berfrekuensi 0-225Hz menjadi tegangan analog 0-5V agar dapat dibaca oleh input analog PLC.

Rangkaian ini terdiri atas IC LM331 dan IC LM324 sebagai penguat penyangga agar tegangan output yang dihasilkan tidak terbebani. Jika ditentukan $V_o = 5V$, $f_{in} = 225Hz$, $R_L = 100K\Omega$, $R_t = 1K\Omega$ dan Nilai $R_s = 9010 \Omega$ bisa didapat dengan mudah dengan cara mengatur trimpot 5KΩ yang terhubung seri dengan R 8KΩ hingga didapat $V_o = 5V$ pada frekuensi input 225Hz kemudian diukur dengan ohmmeter.

Rangkaian konverter arus ke tegangan

Rangkaian konverter arus ke tegangan ini merupakan rangkaian tambahan yang berfungsi mengubah arus 0-20mA yang berasal dari output analog PLC menjadi tegangan 0-5V yang dibutuhkan oleh input analog modul RF 1. Rangkaian ini hanya terdiri atas sebuah resistor yang berfungsi mengkonversi arus menjadi tegangan dan sebuah penguat penyangga yang berfungsi menjaga tegangan output agar tidak terbebani. Rangkaian konverter arus ke tegangan diperlihatkan pada gambar berikut.



Gambar 16. Rangkaian konverter arus ke tegangan

Modul Xbee PRO OEM Seri 1

Modul Xbee PRO OEM seri 1 merupakan komponen utama dalam sistem sensor dan aktuator nirkabel. Modul ini bekerja dengan tegangan 3,3V. Pin I/O yang digunakan adalah Pin input analog (AD0, AD1) dihubungkan ke rangkaian pengkondisi sinyal input analog, Pin output analog (PWM0, PWM1) dihubungkan ke rangkaian pengkondisi sinyal output analog dan Pin I/O digital (DIO) dihubungkan ke rangkaian photocoupler maupun ke rangkaian driver relay. 2 Pin lain yang juga dipakai adalah Pin reset berfungsi untuk mereset modul Xbee PRO dan Pin ON/SLEEP berfungsi sebagai indikator status Xbee apakah sedang ON atau SLEEP. Agar dapat bekerja sesuai fungsi yang diharapkan modul ini perlu dikonfigurasi terlebih dahulu menggunakan software XCTU. Pengkonfigurasi modul Xbee PRO dapat menggunakan perintah AT

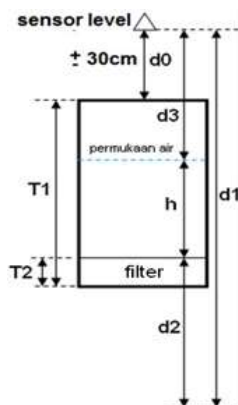
Command ataupun melalui GUI pada tab modem configuration. Berikut ini adalah gambar dari rangkaian modul Xbee PRO.

Rangkaian power supply

Rangkaian power supply DC ini digunakan untuk menghidupkan rangkaian yang lain agar dapat bekerja sesuai fungsinya. Pada penelitian ini terdapat 2 bagian rangkaian power supply yaitu rangkaian power supply yang digunakan untuk mencatu rangkaian sensor dan aktuator dan rangkaian power supply yang digunakan untuk mencatu modul RF Xbee PRO yang tergabung dalam satu rangkaian. Rangkaian power supply ini menggunakan IC regulator sebagai penstabil tegangan dan transistor daya NPN tipe TIP3055 sebagai penguat arus yang mampu melewati arus hingga 15A. Ada 4 macam level tegangan yang digunakan pada rangkaian power supply ini yaitu 12V, 8V, 5V dan 3,3V. Berikut ini adalah gambar dari rangkaian power supply yang digunakan.

Rancangan penempatan sensor dan aktuator

Sensor level yang digunakan memiliki output analog berupa tegangan 0-5V dengan resolusi sebesar 5mm. Sensor level ditempatkan diatas bak filtrasi dengan jarak $\pm 30\text{cm}$ dari bagian permukaan atas bak. Berikut gambar rancangan penempatan sensor level.



Gambar 17. Penempatan sensor level

Untuk menghitung level air (h) agar dapat dibaca oleh sensor.

h = level air yang diukur (m)

$d1$ = jarak jangkauan maksimum sensor = $500\text{cm} = 5\text{m}$

$d2$ = jarak dari permukaan atas filter hingga jangkauan maksimum sensor atau jarak yang tidak dideteksi/tidak dipakai (m)

$d3$ = jarak dari permukaan atas filter hingga muka sensor atau jarak yang dideteksi oleh sensor (m), kemudian besarnya jarak $d2$:

$T1$ = tinggi bak (m) = $58\text{cm} = 0,58\text{m}$

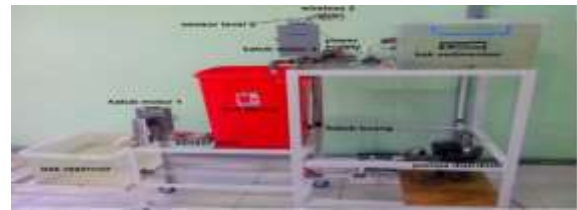
$T2$ = tebal filter (m) = $9\text{cm} = 0,09\text{m}$

$d0$ = zona mati sensor (m) = $30\text{cm} = 0,3\text{m}$

Sehingga besarnya $d2$ dalam rancangan ini adalah; $d2 = 5 - [0,3 + (0,58 - 0,09)] = 4,21\text{m}$

Sensor debit air

Sensor debit air ditempatkan pada pipa output filtrasi yang terhubung ke bak reservoir. Output sensor ini berupa pulsa yang memiliki frekuensi yang sebanding dengan debit air yang diukur f_{out} = frekuensi output sensor (Hz), Q = debit air yang diukur (liter/menit). Sensor debit air yang digunakan memiliki batas ukur hingga 30L/min, maka frekuensi maksimal yang dihasilkan sebesar selanjutnya frekuensi 225Hz ini dikonversi menjadi tegangan 5V oleh rangkaian konverter F ke V.



Gambar 18. Prototype bak filtrasi

Pada penelitian ini modul Xbee PRO dikonfigurasi sebagai berikut:

Kategori perintah Networking & Security

Konfigurasi pada kategori ini bertujuan untuk menentukan alamat jaringan radio dan mengaktifkan enkripsi AES 128 bit untuk keamanan data jika diperlukan. Beberapa Parameter yang dikonfigurasi antara lain:

Perintah ini digunakan untuk menentukan channel/saluran frekuensi kerja yang digunakan oleh modul RF, sehingga hanya modul dengan saluran frekuensi kerja yang sama yang dapat saling berkomunikasi. Ada 12 saluran frekuensi kerja yang tersedia yaitu mulai dari $0x0C - 0x17$. Pada penelitian ini menggunakan channel C yang merupakan nilai parameter default. Frekuensi channel C = $2,405\text{GHz} + (\text{CH} - 11d) * 5\text{MHz} = 2,405\text{GHz} + (12d - 11d) * 5\text{MHz} = 2,410\text{GHz}$.

Perintah ini digunakan untuk menentukan PAN ID dari modul RF, sehingga

hanya modul dengan PAN ID yang sesuai yang dapat saling berkomunikasi. PAN ID yang unik memungkinkan mengendalikan paket RF yang diterima oleh sebuah modul. Nilai rentang parameternya adalah 0 - 0xFFFF. Pengaturan PAN ID ke nilai 0xFFFF mengindikasikan transmisi global untuk semua PAN dan bukan mengindikasikan penerimaan global. Pada penelitian ini modul RF 1 dan Modul RF 2 dikonfigurasi menggunakan PAN ID = 2014.

Perintah DH digunakan untuk menentukan upper 32 bit dari alamat tujuan 64 bit modul RF. Ketika dikombinasi dengan parameter Destination Address Low (DL), hal ini mendefinisikan alamat tujuan yang digunakan untuk transmisi. Sebuah modul hanya berkomunikasi dengan modul lain yang memiliki channel yang sama, PAN ID dan DH+DL. Nilai rentang parameternya 0 - 0xFFFFFFFF. Pengaturan parameter DH = 0 akan mengkonfigurasi alamat tujuan dengan format alamat pendek 16 bit. Sehingga alamat tujuan dari modul pengirim akan disimpan diparameter DL sedangkan alamat tujuan dari modul penerima akan disimpan diparameter MY.

Perintah DL mempunyai fungsi yang sama dengan DH yaitu untuk menentukan upper 32 bit dari alamat tujuan 64 bit modul RF. Nilai rentang parameternya 0 - 0xFFFFFFFF. Untuk transmisi menggunakan format alamat 16 bit, nilai parameter DL harus kurang dari 0xFFFF (< 0xFFFE). Nilai parameter DL ini saling bersilangan dengan nilai parameter MY pada modul yang lain. Pada modul RF 1 parameter DL = 4 sedangkan pada modul RF 2 parameter DL = 21.

Perintah MY digunakan untuk menentukan alamat sumber 16 bit pada modul RF. Nilai rentang parameternya 0 - 0xFFFF, jika MY = 0xFFFF maka format 16 bit akan disabled. Nilai parameter MY ini saling bersilangan dengan nilai parameter DL pada modul yang lain. Pada modul RF 1 parameter MY = 21 & pada modul RF 2 parameter MY = 4. Perintah RR digunakan untuk menentukan maksimum jumlah pengulangan eksekusi data yang dikirim. Untuk RR dikonfigurasi = 3. Perintah untuk mengaktifkan modul RF sebagai Coordinator, CE dikonfigurasi = 1 atau

End Device, CE dikonfigurasi = 0. Perintah untuk mengaktifkan mode MAC yaitu mode pengiriman paket data. MM dikonfigurasi = 0 yang berarti mode MAC = Digi Mode.

Kategori perintah RF Interfacing, Sleep Mode & Serial Interfacing

Konfigurasi pada kategori ini bertujuan untuk menentukan besarnya daya pancar, mode sleep dan baud rate yang digunakan, antara lain:

Perintah PL digunakan untuk memilih level daya pancar yang akan dipakai. Untuk parameter PL ini dikonfigurasi = 4 yang berarti modul RF bekerja dengan daya pancar maksimal (60mW/18dBm).

Perintah SM digunakan untuk mengkonfigurasi mode sleep. Untuk parameter SM ini dikonfigurasi = 0 yang berarti No Sleep.

Perintah BD digunakan untuk mengatur baud rate yang digunakan. Untuk baud rate standar yang digunakan adalah 115200bps. Pengaturan baud rate melalui GUI hanya menyediakan 7 standar kecepatan data yaitu 0 - 7 atau 1200bps - 115200bps sedangkan untuk baud rate tidak standar hingga 250kbps (0x80 - 0x3D090) pengaturannya melalui tab terminal menggunakan perintah AT.

Konfigurasi pada kategori ini bertujuan untuk menetapkan fungsi pin I/O yang digunakan.

Perintah D0-D7 digunakan untuk mengkonfigurasi pin I/O D0 - D7. Untuk modul RF 1: D0-D1 = 2, berarti dikonfigurasi sebagai input analog, D2-D4 = 3, berarti dikonfigurasi sebagai input digital, D5-D7 = 5, berarti dikonfigurasi sebagai output digital aktif tinggi. Sedangkan untuk modul RF 2: D0-D1 = 2, berarti dikonfigurasi sebagai input analog, D2-D4 = 5, berarti dikonfigurasi sebagai output digital aktif tinggi, D5-D7 = 3, berarti dikonfigurasi sebagai input digital.

Perintah IU digunakan untuk men-disable/enabled output I/O UART. Untuk IU ini dikonfigurasi = 1, berarti fungsi IU diaktifkan. Perintah IT digunakan untuk menentukan jumlah sampel yang

dikumpulkan sebelum data dikirim. Untuk IT dikonfigurasi =1. Perintah IR digunakan untuk menentukan kecepatan sampel yang digunakan. Nilai rentang parameter 0 - 0xFFFF [x 1ms]. Untuk nilai IR dikonfigurasi = 0x14 yang berarti menggunakan kecepatan sampel 20ms atau 50Hz. Perintah P0 dan P1 digunakan untuk mengkonfigurasi pin PWM = 2 yang berarti pin PWM dikonfigurasi sebagai output PWM. PWM Output Timeout adalah timer batas waktu pembaharuan output PWM diatur sebesar 1 x 100ms. Jika dalam 100ms tidak ada pembaharuan output PWM maka output PWM akan dikembalikan ke nilai default-nya(0 volt).

Konfigurasi pada kategori ini bertujuan untuk menetapkan fungsi I/O Line Passing. Parameter yang dikonfigurasi adalah parameter IA, yang digunakan untuk mengaktifkan output modul ke alamat tertentu. Pada penelitian ini parameter IA modul RF1 diseting = 4 yang merupakan alamat radio modul RF2 sedangkan parameter IA pada modul RF2 diseting = 21 yang merupakan alamat radio modul RF1. Namun bila pengaturan IA = 0xFFFF akan menyebabkan semua modul radio dapat menerima semua paket I/O yang dikirim dari modul radio manapun untuk mengubah output. Kemudian untuk T0 - T7 adalah timer batas waktu pembaharuan output digital diatur sebesar 1 x 100ms. Jika dalam 100ms tidak ada pembaharuan output digital maka output digital akan dikembalikan ke nilai default-nya (0 volt). Setelah semua parameter yang dibutuhkan dikonfigurasi, selanjutnya untuk menyimpan parameter kedalam memori Xbee caranya dengan meng-klik tombol write yang ada pada bagian Modem Parameter & Firmware. Konfigurasi untuk I/O line passing pada modul RF1 dan modul RF2.

Pemrograman PLC M340

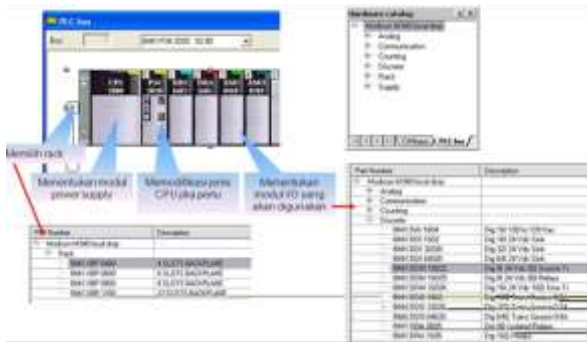
Dalam sistem SCADA sebuah PLC mempunyai 2 fungsi ganda yaitu sebagai pengendali lokal dan juga sebagai RTU. Agar dapat menjalankan fungsinya tersebut sebuah PLC harus diprogram terlebih dahulu. Program yang dibuat tidak hanya untuk menjalankan fungsi PLC sebagai pengendali lokal tetapi juga harus dapat menjalankan fungsi PLC sebagai RTU. PLC M340 Schneider diprogram menggunakan software Unity Pro. Untuk itu agar PLC juga dapat menjalankan

fungsinya sebagai RTU maka didalam program, titik I/O atau data yang ingin diakses oleh MTU SCADA juga harus memiliki alamat memori internal selain alamat memori I/O. Program PLC yang dibuat untuk memonitoring dan mengendalikan proses yang ada di bak filtrasi diprogram dalam 3 mode kendali yaitu manual, auto1 dan auto2. Mode manual digunakan untuk mengendalikan proses secara manual. Mode auto1 dan auto2 akan mengendalikan bukaan katub input secara otomatis untuk menjaga level air bak filtrasi sesuai setpoint yang dimasukan melalui HMI SCADA. Mode auto1 menggunakan 2 setpoint yaitu batas atas (40cm) dan batas bawah (30cm) sedangkan mode auto2 menggunakan sebuah setpoint (30cm) dan menerapkan PID incremental sebagai algoritmanya. Pada penelitian ini bahasa pemrograman yang dipilih adalah bahasa Ladder dan Structure Text. Untuk bahasa Structure Text khusus digunakan untuk membuat program kendali PID incremental. Bahasa Structure Text dipilih karena lebih fleksibel dan lebih sederhana untuk operasi aritmatik yang cukup banyak. Sintak penulisannya mirip dengan bahasa pemrograman pada umumnya seperti basic, pascal, C dan lain lain. Contoh instruksi kondisional menggunakan perintah IF...THEN. Sebelum memulai pembuatan program ada 2 hal penting yang perlu dilakukan yaitu mengkonfigurasi jenis modul PLC yang digunakan dan mengkonfigurasi komunikasi Ethernet PLC. Semua ini dilakukan melalui jendela project browser berikut ini.



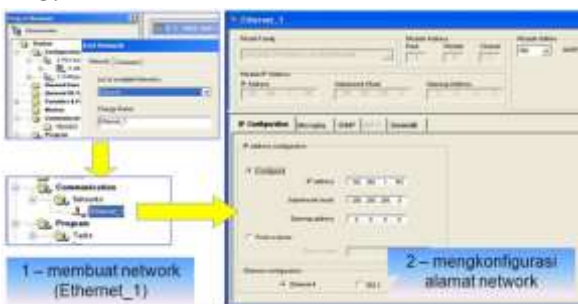
Gambar 19. Project Browser

Mengkonfigurasi jenis modul PLC gambar dibawah ini memperlihatkan cara memilih type rack, power supply, dan module yang digunakan.



Gambar 20. Mengkonfigurasi jenis modul PLC

Mengkonfigurasi komunikasi Ethernet PLC gambar dibawah ini memperlihatkan cara mengkonfigurasi komunikasi Ethernet pada PLC.



Gambar 21. Mengkonfigurasi komunikasi Ethernet PLC

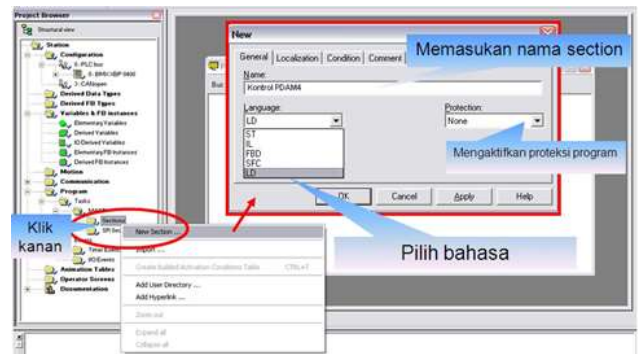
Untuk memulai pembuatan program, pada jendela project browser pilih menu Program - Tasks - Mast - Sections kemudian klik kanan untuk membuat section baru. Gambar dibawah ini memperlihatkan cara memulai pembuatan program PLC.



Gambar 22. Memulai pembuatan program

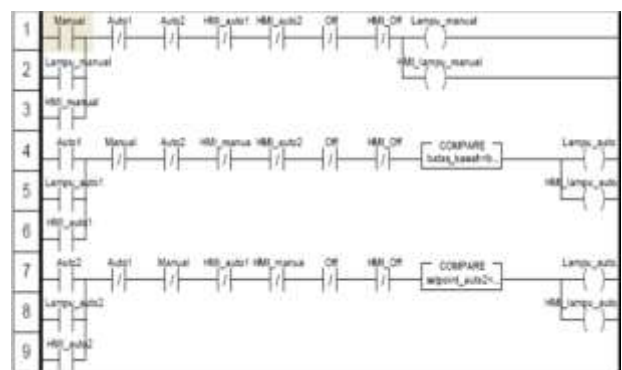
Pada saat memulai pembuatan program PLC dibuat terlebih dahulu variabel variabel yang akan digunakan didalam program beserta dengan alamatnya. Variabel variabel tersebut misalnya tombol manual, tombol auto dan lain lain. Keseluruhan data variabel yang dibuat dalam program PLC ini dapat dilihat pada halaman lampiran 6. Kemudian untuk program PLC yang dibuat dalam penelitian ini dapat dijelaskan sebagai berikut.

Penjelasan Program PLC gambar dibawah ini memperlihatkan bagian program yang berfungsi untuk menentukan mode kendali yang akan diaktifkan yaitu manual, auto1 ataupun auto2.



Gambar 23. Mode kendali

Gambar dibawah ini memperlihatkan bagian program yang berfungsi untuk membaca data sensor debit air dan mengkonversinya ke rentang nilai 0 - 30 L/min. Tegangan analog 0-5V dari sensor debit diubah oleh modul input analog PLC menjadi rentang data 0-10.000 maka untuk menyesuaikan ke rentang data 0-30 maka data yang terbaca tersebut dibagi dengan konstanta 333.



Gambar 24. Data debit air

Gambar dibawah ini memperlihatkan bagian program yang berfungsi untuk membaca data sensor level dan mengkonversinya ke nilai 0 - 79cm. Langkah pertama yang dilakukan adalah mengkonversi format data yang dibaca dari integer ke real karena dalam proses selanjutnya dibutuhkan data dalam format bilangan real. Setelah itu dilakukan penghitungan level air dimana d3 adalah data dari sensor, berdasarkan datasheet jarak 0 - 5m oleh sensor diubah menjadi tegangan analog 0 - 4,885V dan modul input analog PLC mengubah tegangan analog 0 - 5V menjadi data dengan rentang nilai 0 - 10.000 maka untuk jarak 0 - 5m atau

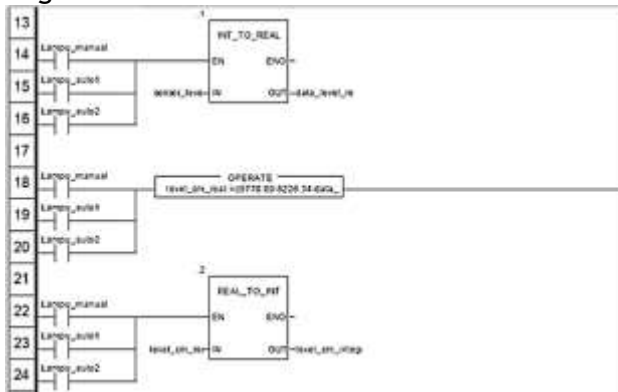
tegangan 0 - 4,885V rentang nilainya 0 - 9.770.

$$h(m) = \left(\frac{9770 - 8226,34 - d3}{1954} \right)$$

Maka didalam program nilai level air (h). untuk mengubah kesatuan cm tinggal mengalikan persamaan diatas dengan konstanta 100,

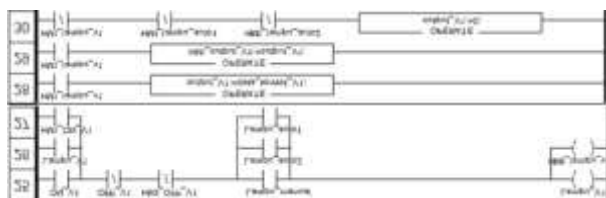
$$h(cm) = \left(\frac{9770 - 8226,34 - d3}{1954} \right) * 100$$

setelah didapatkan level air yang diukur maka nilainya diubah kembali ke format bilangan integer untuk mendapatkan angka bulat.



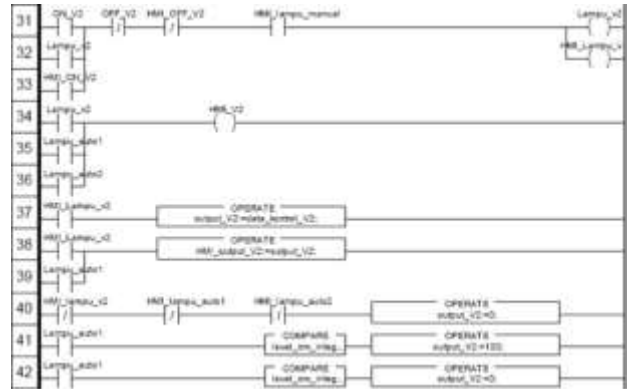
Gambar 25. Data level air

Gambar dibawah ini memperlihatkan bagian program yang berfungsi untuk mengendalikan katub output secara manual. Sinyal kendali analog berupa data 0-10.000 diberikan ke modul output analog PLC yang kemudian diubah menjadi arus 0-20mA. Arus 0-20mA ini kemudian diubah menjadi tegangan 0-5V oleh rangkaian konverter arus ke tegangan. Tegangan analog 0-5V inilah yang kemudian digunakan untuk menggerakkan motor katub output untuk melakukan pembukaan katub output 0-100%.



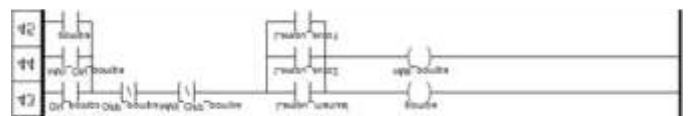
Gambar 26. Kendali Katub Output

Gambar dibawah ini memperlihatkan bagian program yang berfungsi untuk mengendalikan katub input secara mode manual maupun auto1. Saat mode auto1, katub input dikendalikan menggunakan 2 setpoint yaitu level air batas bawah dan level air batas atas.



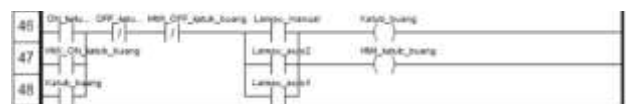
Gambar 27. Kendali Katub Input

Gambar dibawah ini memperlihatkan bagian program yang berfungsi untuk mengendalikan pompa distribusi secara manual.



Gambar 28. Kendali pompa distribusi

Gambar dibawah ini memperlihatkan bagian program yang berfungsi untuk mengendalikan katub buang secara manual.



Gambar 29. Kendali katub buang

Gambar dibawah ini memperlihatkan bagian program yang berfungsi untuk mengaktifkan indikator katub input dan output pada posisi terbuka penuh serta mengaktifkan indikator Xbee filtrasi sedang ON.

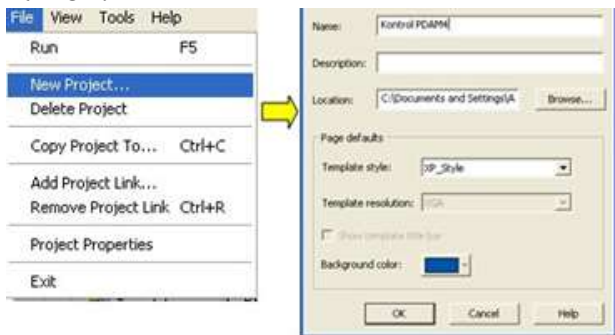


Gambar 30. Indikator Fullopen

Kemudian yang terakhir adalah bagian program mode auto2. Bagian program ini ditulis dalam bahasa structure text, yang berfungsi untuk mengendalikan katub input menggunakan mode auto2. Pada mode auto2 ini katub input dikendalikan melalui sebuah setpoint dengan menggunakan metode kendali PID incremental. Waktu sampling yang digunakan adalah 1 detik yang dihasilkan dari

memori system %S5 yang fungsinya menghasilkan detak pulsa 1 detik. Setiap detak pulsa berada pada posisi ON maka PLC akan mengeksekusi program kendali PID incremental dan menghasilkan sinyal output kendali untuk menggerakkan katub input untuk menjaga kondisi level air sesuai dengan setpoint.

Pemrograman sistem SCADA yang dibangun dalam penelitian ini adalah sistem Stand Alone. Didalam sistem Stand Alone semua komponen SCADA yaitu I/O Server, Report Server, Alarm Server, Trend Server dan Display Client berada dalam satu komputer yang sama. Sistem Stand Alone biasa digunakan untuk sistem skala kecil dengan jumlah I/O hanya sampai ratusan I/O. Berikut secara garis besar tahap - tahap dari pemrograman sistem SCADA yang digunakan untuk menguji performa sistem sensor dan aktuator nirkabel. Untuk membuat project baru, pada jendela Citect Explorer, klik File - New Project. Kemudian mengisi nama project dan pilih template yang digunakan, setelah itu klik OK.



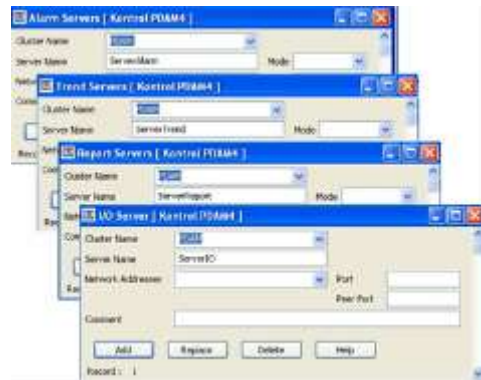
Gambar 31. Membuat project baru

Cluster digunakan untuk mengelompokkan beberapa kelompok komponen sistem yang berbeda dalam satu project. Sistem paling sederhana terdiri atas satu cluster. Untuk membuat cluster pada jendela Citect Project Editor pilih menu Server - Clusters, kemudian isi nama cluster, kemudian klik Add untuk menambah data ke sistem. Sedangkan Replace untuk mengganti dan Delete untuk menghapus.



Gambar 32. Membuat cluster

Untuk membuat server alarm, report, trend dan I/O. Masih pada jendela Citect Project Editor pilih secara berturut-turut menu Server - Alarm Servers, Report Servers, Trend Servers dan I/O Servers. Kemudian pilih nama cluster dan mengisi nama server. kemudian klik Add untuk menambah data ke sistem.



Gambar 33. Membuat server

Untuk mengkonfigurasi I/O Device (PLC, dan lain lain) yang akan dihubungkan ke sistem SCADA (I/O server) caranya pada jendela Citect Project Editor pilih Communication - Express Wizard lalu ikuti langkah selanjutnya seperti terlihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 34. Mengkonfigurasi I/O Device

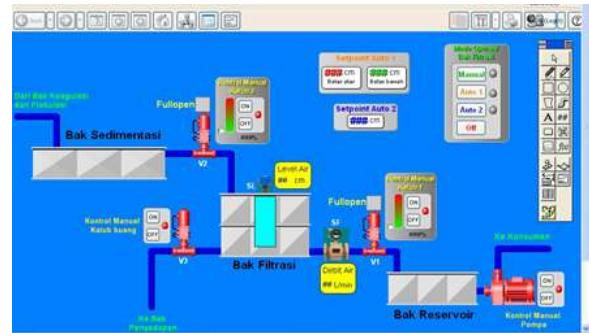
Variable tags mendefinisikan data yang

dikirim diantara PLC dan I/O Server SCADA. Setiap variable tag didefinisikan dengan nama yang unik, jenis data dan alamatnya. Alamat tag sama dengan alamat memori internal PLC yang akan diakses. Untuk membuat variable tags pada jendela Citect Project Editor pilih menu Tags - Variable Tags. Kemudian mengisi nama variable tags dan alamatnya, memilih cluster, I/O Device (PLC) dan jenis datanya serta mengisi rentang nilai data dan satuannya jika diperlukan. setelah itu klik OK. Semua variable tags ini nantinya akan dihubungkan ke simbol-simbol yang ada pada HMI SCADA seperti tombol, indikator dan lain lain sehingga PLC dapat diremote melalui HMI SCADA. Keseluruhan variable tags yang dibuat dalam program. Untuk membuat halaman grafis yang merupakan HMI SCADA melalui jendela Citect Graphics Builder pilih menu File - New kemudian klik pada ikon New Page lalu pilih template yang akan digunakan. Setelah itu klik OK. Untuk menyimpan halaman grafis pilih menu File - Save.



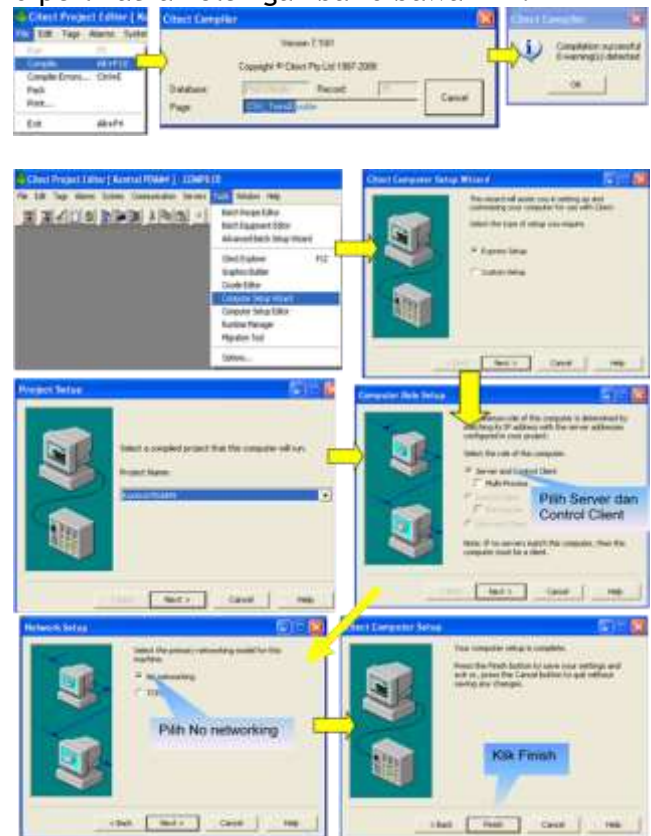
Gambar 35. Membuat halaman grafis

Untuk membuat obyek gambar menggunakan toolbox menu yang ada disamping kanan halaman grafis. Didalam toolbox ini terdapat semua perlengkapan yang dapat digunakan untuk membuat obyek gambar seperti tombol, indikator dan lain lain. Gambar berikut memperlihatkan keseluruhan HMI SCADA yang telah dibuat dalam program ini.



Gambar 36. HMI SCADA Bak Filtrasi

Computer Setup Wizard digunakan untuk men-setup komputer dengan cepat agar dapat digunakan untuk menjalankan project SCADA yang telah dibuat. Sebelum memulai Computer Setup Wizard terlebih dahulu melakukan compile project untuk memastikan bahwa project yang kita buat sudah benar dan tidak ada error. Untuk melakukan compile project, pada jendela Citect Project Editor pilih menu File - Compile. Kemudian tunggu hingga selesai dan tidak ada error. Kemudian untuk melakukan Computer Setup Wizard, pada jendela Citect Project Editor pilih menu Tools - Computer Setup Wizard. Proses compile project dan Computer Setup Wizard diperlihatkan oleh gambar dibawah ini.



Gambar 37. Compile Project dan Computer Setup Wizard

Alarm digunakan untuk melaporkan kondisi gangguan atau kerusakan pada peralatan dilapangan seperti ketika level tangki terlalu tinggi atau ketika motor terlalu panas. Ada beberapa jenis alarm di vijeo citect yaitu Alarm digital bergantung pada perubahan status satu/dua tag digital. Untuk membuat alarm digital buka jendela Citect Project Editor kemudian pilih menu Alarm - Digital Alarms kemudian isi Alarm Tag dan Variable tag-nya kemudian klik Add. Alarm yang ditrigger ketika variabel analog berubah. Untuk membuat alarm analog buka jendela Citect Project Editor kemudian pilih menu Alarm - Analog Alarms kemudian isi Alarm Tag, Variable tag, setpoint dan batas-batas kondisinya kemudian klik Add. Alarm yang ditrigger ketika hasil dari Cicode expression berubah dari false ke true. Untuk membuat alarm advanced buka jendela Citect Project Editor kemudian pilih menu Alarm - Advanced Alarms kemudian isi Alarm Tag & Cicode expression-nya kemudian klik Add. Trend adalah fitur yang digunakan untuk menampilkan nilai dari variabel proses dalam format grafik. Untuk membuat trend buka jendela Citect Project Editor pilih menu Tags - Trend Tags. Kemudian isi Trend Tag Name dan Variabel Expression-nya kemudian klik Add. Variabel Expression diambil dari variabel tag yang ingin tampilkan sebagai trend.

Report digunakan untuk menyediakan informasi tentang status atau kondisi didalam plant. Report dapat dijalankan atas permintaan user atau berdasarkan waktu yang ditetapkan atau bahkan saat kejadian tertentu terjadi. Format report bisa dalam bentuk file RTF, TXT atau DBF. Untuk menyimpan file report maka perlu dibuat dulu Device-nya. Sebuah Device adalah sebuah utility yang mentransfer data tingkat tinggi seperti report, command log atau alarm log) antara Vijeo Citect dan element lainnya seperti printer, database, file RTF atau file ASCII didalam sistem Vijeo Citect. Untuk membuat device report buka jendela Citect Project Editor kemudian pilih menu System - Devices kemudian isi nama device, nama file, type device, nomor file dan cluster kemudian klik Add.



Gambar 38. Membuat device untuk report

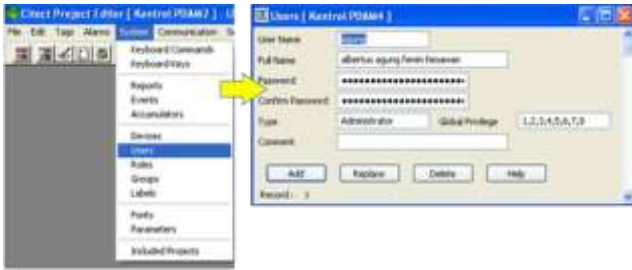
Untuk membuat report buka jendela Citect Project Editor kemudian pilih menu System - Report kemudian isi nama report, cluster, file format report dan device-nya kemudian klik edit untuk membuat file format report kemudian simpan file dengan nama yang telah didefinisikan pada device.



Gambar 39. Membuat report

Selanjutnya untuk menampilkan sebuah report secara garis besar caranya adalah dengan membuat sebuah halaman grafis baru untuk file report kemudian menambahkan Cicode Object di pojok kiri atas halaman kemudian menambahkan Cicode function PageRichTextFile() sebagai perintah masuk ke halaman untuk menampilkan file report pada Cicode Object yang ditetapkan pada halaman tersebut.

Fasilitas ini digunakan untuk mengenali user sebelum user diperbolehkan mengendalikan aktivitas plant melalui HMI SCADA. Security ini berkaitan dengan login user, pembatasan apa yang dapat dilihat operator (Area) dan pembatasan apa yang dapat dilakukan operator (Privileges). Untuk area dan privilege dapat dibedakan menjadi 8 level. Untuk mengkonfigurasi security buka jendela Citect Project Editor kemudian pilih menu System - Users kemudian isi nama user, password, type user dan global privilege kemudian klik Add.



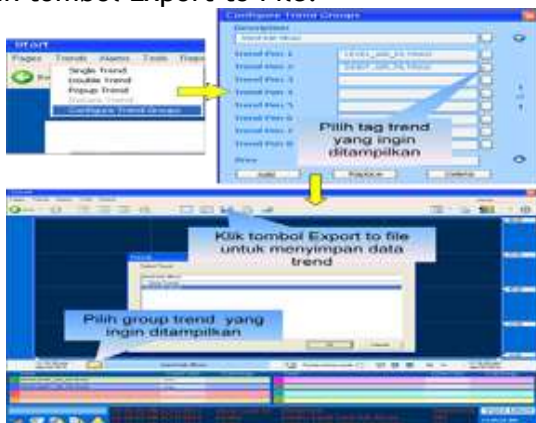
Gambar 40. Mengkonfigurasi Security

Runtime adalah tool yang digunakan untuk menjalankan project SCADA yang telah dibuat. Untuk menjalankan project SCADA caranya compile project terlebih dahulu kemudian klik ikon Runtime atau pilih menu File - Run. Setelah itu untuk masuk kedalam sistem klik login kemudian isikan nama user dan password. Berikut tampilan project SCADA ketika pertama kali dijalankan (Run).



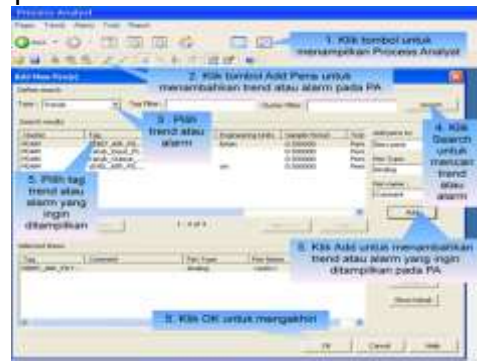
Gambar 41. Tampilan pertama HMI SCADA

Untuk menampilkan trend saat runtime dari menu Trend, pilih Configure Trend Group. Kemudian ketik nama group trend kemudian pilih tag trend yang ingin ditampilkan kemudian klik Add. Kemudian kembali ke menu Trend & pilih Single Trend lalu gunakan tombol simbol folder untuk memilih group trend yang ingin ditampilkan. Untuk menyimpan data trend klik tombol Export to File.



Gambar 42. Menampilkan Trend

Process Analyst adalah fitur yang digunakan untuk menampilkan trend dan alarm secara bersamaan pada waktu yang sama. Untuk menampilkan PA klik tombol PA, kemudian klik pada tombol Add Pens, kemudian pada jendela Add New Pen(s) pilih type (trend atau alarm), kemudian klik tombol Search untuk mencari, kemudian pilih tag trend atau alarm yang ingin ditampilkan, kemudian klik Add untuk menambahkan, kemudian klik OK untuk mengakhiri. Setelah itu klik pada area grafis untuk me-refresh tampilan. Untuk memodifikasi tampilan gunakan tombol Properties. Untuk menyimpan PA yang telah dikonfigurasi klik tombol Save. Untuk menampilkan kembali PA yang telah disimpan klik tombol Load View.



Gambar 43. Mengkonfigurasi Process Analyst

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian sistem sensor dan aktuator nirkabel murah, hemat daya dan handal telah berhasil diimplementasikan menggunakan standar IEEE 802.15.4 dan mampu beroperasi dengan baik saat diterapkan pada sistem SCADA berbasis PLC dengan kendali daur terbuka dan daur tertutup untuk mengendalikan level air pada bak filtrasi. Pada kondisi tanpa penghalang, modul RF Xbee PRO seri 1 yang digunakan dalam sistem sensor dan aktuator nirkabel ini terbukti mampu mengirimkan data dengan baik pada jarak pengujian sejauh 102m. Pada kondisi ada penghalang, modul RF Xbee PRO seri 1 yang digunakan dalam sistem sensor dan aktuator nirkabel ini hanya mampu mengirimkan data dengan baik hingga jarak maksimal 30m

REFERENSI

- [1] Gang Zhao, "Wireless Sensor Network for Industrial Process Monitoring and Control: A Survey", ISSN 1943-3581, Vol.3, No.1, Macrothink Institute, USA, 2011.
- [2] Action Nechibvute, Courage Mudzingwa, "Wireless Sensor Network for SCADA and Industrial Control Systems" International Journal of Engineering and Technology Vol.3, No.12, December 2013.
- [3] Hany Fouda, "Improving SCADA Operations Using Wireless Instrumentation" White paper, Schneider Electric, April 2010.
- [4] Edwin Chobot, Daniel Newby, Renee Chandler, Nusaybah Abu Mulaweh, Chao Chen, Carlos Pomalaza-Raez, "Design and Implementation of A Wireless Sensor and Actuator Network for Energy Measurement And Control At Home", International Journal of Embedded System and Application (IJESA) Vol.3, No.1, March 2013.
- [5] ImanMorsi, Mohamed Mansour Mohamed Mostafa, "Wireless Gas Detector System Using Microcontrollers, PLC and SCADA System for Monitoring Environmental Pollution", Applied Mechanics and Materials Vols.249-250, pp 247-255, Trans Tech Publications, Switzerland,2013
- [6] Muh. Niswar, "Materi Kuliah Jaringan Sensor Nirkabel", Universitas Hasanuddin, Makassar, 2013.
- [7] Robert Faludi, "Building Wireless Sensor Networks" , O'Reilly Media, Inc., 1005 Gravenstein Highway North, Sebastopol, CA 95472, 2011. [8] Anonym, "Product Manual For XBee™/XBee-PRO™ OEM RF Modules", Digi International. Inc, 2009.
- [9] Kaushik Bhuiya, Kintali Anish, Dwani Parekh, and Kilaru Laxmi Sahiti, "Low cost wireless control and monitoring using PLC and SCADA" International Journal of Scientific and Research Publications, Volume 3, Issue 9, September 2013.
- [10] Beny Firman, "Implementasi Komunikasi Data Berbasis Zigbee Pada SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) PLTMH", Tesis UGM, Yogyakarta, 2012.
- [11] Khamdan Amin Bisryi, "Rancang Bangun Komunikasi Data Wireless Mikrokontroler Menggunakan Modul Xbee Zigbee" Departemen Ilmu Komputer Fakultas MIPA Institut Pertanian Bogor, Bogor, 2012.
- [12] David Bailey, Edwin Wright, "Practical SCADA for Industry" Newnes An imprint of Elsevier Linacre House, Jordan Hill, Oxford OX2 8DP 200 Wheeler Road, Burlington, MA 01803, 2003.
- [13] Keith Stouffer, Joe Falco, Karen Kent , "Guide to Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA) and Industrial Control Systems Security" National Institute of Standards and Technology (NIST), U.S., 2006.
- [14] Synchrony 6410, Trends in SCADA for Automated Water Systems, Commonwealth Drive Roanoke, Virginia 24018, 2001.
- [15] Technical Information Bulletin 04-1, "Supervisory Control And Data Acquisition (Scada) Systems", National Communications System, U.S, 2004.
- [16] ILia Dormishev, Krenar Komoni, "Scada System Classification" Norwich Univeristy Center Of Excellence In Distributed Control System Security, 2003.
- [17] Citect SCADA User Guide, Schneider Electric Pty. Ltd., 2010.
- [18] Vijeo Citect Configuration Training Manual Version 7.0, Citect Pty. Ltd., 2007.
- [19] Andi Muh. Ardian, "Rancang Bangun Supervisory Control And Data Acquisition (SCADA) Pada Proses Pembubuhan Tawas Di PDAM KarangPilang 1 Surabaya", Jurnal ITS, Surabaya, 2010.
- [20] Agfianto Eko Putra, "PLC - Konsep, Pemrograman dan Aplikasi", Gava Media Yogyakarta, 2004.
- [21] Unity Pro Program Languages and Structure Reference Manual, Schneider Electric Pty. Ltd., 2009.
- [22] Andhika Dwipradipta, "Perancangan SCADA pada Plant Sistem Pengolahan Air Limbah", Jurnal UNDIP, Semarang, 2012.