

Perencanaan Control Valve Pada *Head Tank* PLTA Tulungagung Menggunakan PLC

Mohammad Noor Hidayat^{*a)}; Elan Causa Nursal^{b)}; Ferdian Ronilaya^{a)}, Muhammad Fahmi Hakim^{a)}

(Artikel diterima: Mei 2023, direvisi: Juni 2023)

Abstract - *Head Tank of the Tulungagung Hydro Electric Power Plan of PT PJBUP Brantas still has a manual control valve which consists of a gate valve and a pair of float valves. There are some problems when the pipe of the float valve is blocked by cediment and debris, it could affect the cooling water system and make damage to the power plant. In this research, there would build a plan of the automatic control valve of the Tulungagung HEPP. PLC Siemens Simatic Step 7 was used as a control base on a SCADA software Wonderware Intouch version 10.0.0. In this modification plan, a pair of float valve changed over solenoid valve and manual gate valve change over motorized valve. For the water level that would be ultrasonic sensor SICK UM 30 as a input for the power meter Omron Procces Meter K3MA-J. The reliability of this modification are excellence and complete for the auto/manual control even for the long distance one. Moreover this modification also has excellence safety.*

Key words : control valve, head tank, modification, PLC, SCADA, water level

1. Pendahuluan

Head tank PLTA Tulungagung adalah sebuah bangunan cor berupa tanki penampung air yang berfungsi untuk menurunkan tekanan air, mengendapkan sedimen, dan saringan awal sistem pendinginan PLTA Tulungagung. Kontrol elevasi head tank masih berupa kontrol manual menggunakan 2 (dua) buah float valve untuk mempertahankan elevasi sesuai settingnya. Float valve sering mengalami gangguan dikarenakan kadar sedimen dan sampah dari sumber air terus meningkat dari hari ke hari. Saat terjadi gangguan berupa kebuntuan pada float valve dan elevasi head tank turun, tindakan penanganan sementara adalah membuka manual gate valve untuk mengisi head tank. Proses penanganan gangguan sangat beresiko menyebabkan kecelakaan kerja terlebih ketika cuaca hujan.

2. Tinjauan Literatur

2.1 PLTA

Pusat Listrik Tenaga Air atau disingkat PLTA merupakan salah satu pembangkit listrik yang menggunakan energi terbarukan berupa air. PLTA mengkonversi energi potensial air menjadi energi listrik. Salah satu keunggulan dari pembangkit ini adalah responnya yang cepat sehingga sangat sesuai untuk kondisi beban puncak maupun saat terjadi gangguan di jaringan [1, 2, 3].

2.2 Sistem Pendingin

Sistem pendingin adalah suatu sistem yang menyangkut tentang pendinginan suatu peralatan. Sistem pendingin dimaksudkan untuk mengurangi panas berlebih dari suatu peralatan agar peralatan tersebut tidak cepat rusak [4, 5]. Dalam sistem pendingin ada beberapa media yang digunakan untuk pendinginan yaitu air, minyak dan udara.

2.3 Head Tank

Diberi nama *head tank* karena posisinya berada di atas *power house* dari pusat listrik tenaga air. *Head tank* diletakkan pada ketinggian agar *head tank* mampu memberi tekanan air yang cukup untuk sistem pendinginan. *Head tank* memiliki dinding dinding penghalau aliran air yang berguna untuk mengendapkan sedimen.

2.4 Control Valve

Control valve adalah suatu jenis elemen pengendali akhir atau *final control elemen* yang paling umum digunakan untuk memanipulasi proses laju fluida [6, 7]. Kata *control valve* dapat juga diartikan bahwa prinsip kerjanya bisa secara otomatis maupun manual. Suatu proses aliran fluida pada *control valve* bekerja tidak hanya pada posisi menutup penuh (*fully closed*) atau membuka penuh (*fully opened*), tetapi juga dikendalikan melalui manipulated variable atau input dari suatu proses yang dapat dimanipulasi atau diubah-ubah untuk mengatur besaran bukaan valve agar proses variabel selalu sama dengan set point yang dikehendaki.

2.5 Sensor Ultrasonik

Sensor ultrasonik adalah sensor yang bekerja berdasarkan prinsip pantulan gelombang suara dan digunakan untuk mendeteksi keberadaan suatu objek tertentu di depannya, frekuensi kerjanya pada daerah diatas gelombang suara dari 40 KHz hingga 400 KHz. Sensor ultrasonik terdiri dari dua unit, yaitu unit pemancar dan unit penerima [8].

2.6 Programmable Logic Control

Programmable Logic Control atau disingkat PLC merupakan suatu bentuk khusus pengontrol berbasis microprocessor yang memanfaatkan memori yang dapat diprogram untuk menyimpan instruksi – instruksi dan untuk mengimplementasikan fungsi – fungsi semisal logika, sequencing, pewaktuan (*timing*), pencacahan (*counting*) dan aritmatika guna mengontrol mesin-mesin dan proses-proses serta dirancang untuk dioperasikan oleh para insinyur yang hanya memiliki sedikit pengetahuan mengenai komputer dan bahasa pemrograman [9].

2.7 SCADA

SCADA, sebagaimana yang tertulis dalam SPLN S6.001:2008, yang dikutip dari IEC 870-1-3 merupakan singkatan dari *Supervisory Control and Data Acquisition*, yang berarti sebuah sistem yang mengawasi dan mengendalikan peralatan proses yang tersebar secara geografis. Sistem SCADA terdiri dari 3 bagian utama yaitu: Master Station, Link Komunikasi Data, dan Remote Station [10, 11].

*Korespondensi: mohnoor@polinema.ac.id

a) Prodi Sistem Kelistrikan, Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Malang, Indonesia

b) PT. Pembangkitan Jawa Bali, Indonesia

3. Pemodelan Sistem Simulasi

3.1 PLTA Tulungagung

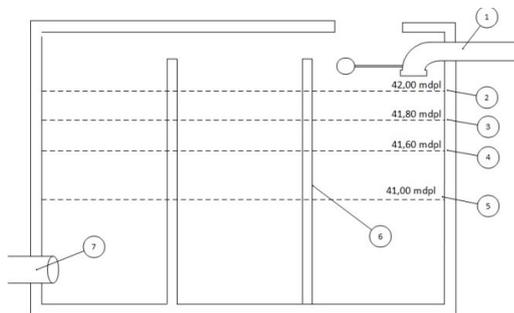
PLTA Tulungagung memiliki kapasitas Generator 2 x 18 MW dengan rata-rata produksi 184 GWh per tahun. Jenis turbin yang digunakan adalah vertical shaft francis turbine.

3.2 *Head Tank* PLTA Tulungagung



Gambar 3.2 Foto *Head tank* PLTA Tulungagung

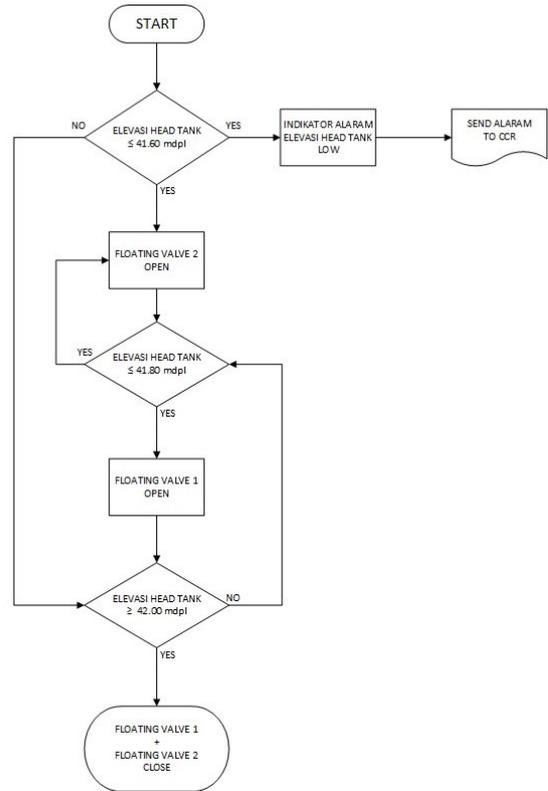
Head tank PLTA Tulungagung adalah sebuah bangunan cor berupa tanki penampung air yang berfungsi untuk menurunkan tekanan air, mengendapkan sedimen, dan saringan awal sistem pendinginan PLTA Tulungagung. Elevasi *head tank* dijaga dalam suatu range agar tekanan air pendingin stabil. Kontrol pengisian *head tank* menggunakan float valve [12, 13]. Kontrol elevasi air *head tank* adalah berupa bandul.



GAMBAR 3.3 SKEMA *HEAD TANK* PLTA TULUNGAGUNG TAMPAK SAMPING BESERTA BATAS ELEVASINYA

Gambar 3.3 menjelaskan sistem kerja *head tank* PLTA Tulungagung saat ini. Berikut adalah penjelasan gambar 3.3:

1. Inlet / masukan air *head tank* berjumlah 2 (dua) sumber yang dikontrol menggunakan float valve berupa bandul,
2. Elevasi maksimal kontrol sesuai setting bandul dari float valve yaitu 42.00 mdpl,
3. Elevasi minimal untuk kondisi kerja 1 (satu) sumber inlet *head tank* yaitu 41.80 mdpl,
4. Elevasi minimal untuk kondisi kerja 2 (dua) sumber inlet *head tank* yaitu 41.60 mdpl,
5. Elevasi minimal *head tank* yang memunculkan indikator "elevasi *head tank* low" yaitu 41.00 mdpl.
6. Tembok pengendap sedimen sebagai penghalang sedimen memasuki sistem air pendingin unit pembangkit,
7. Outlet *head tank* menuju sistem air pendingin



GAMBAR 3.4 FLOW CHART DIAGRAM KONTROL *HEAD TANK* LAMA

Berdasarkan flowchart pada Gambar 3.4, prinsip kerja *head tank* PLTA Tulungagung adalah sebagai berikut:

1. Jika elevasi *head tank* ≤ 41.60 mdpl maka sinyal elevasi *head tank* low terkirim di ruang CCR, dan float valve 1 + float valve 2 = ON
2. Jika elevasi *head tank* ≤ 41.80 mdpl, maka float valve 1 + float valve 2 = ON hingga elevasi *head tank* mencapai 42.00 mdpl.
3. Jika 41.80 mdpl \leq elevasi *head tank* ≤ 42.00 mdpl, maka float 1 ON hingga elevasi 42.00 mdpl.

Berikut adalah pemodelan sistem simulasi untuk peralatan tambahan dalam modifikasi control valve *head tank* PLTA Tulungagung.

- a. PLC Siemens S7. Software PLC yang akan digunakan dalam modifikasi control valve *head tank* PLTA Tulungagung adalah merk pabrikan Siemens yaitu SIEMENS Step7 versi update 5.5 dengan tahun pembuatan adalah 2011.
- b. SCADA Wonderware Intouch 10.0. Software SCADA yang akan digunakan untuk modifikasi kontrol valve existing *head tank* PLTA Tulungagung adalah software Wonderware Intouch 10.0. Produksi Software SCADA Intouch 10.0 ini adalah tahun 2007.
- c. Sensor Ultrasonic SICK UM30. Sensor Ultrasonic yang akan digunakan adalah sensor ultrasonik dengan merk SICK dengan tipe UM30-215111.
- d. Omron Process Meter K3MA-J. Digital meter untuk memberi batas atas dan bawah serta pembacaan dari sensor ultrasonik SICK UM 30 adalah merk Omron Process Meter dengan tipe K3MA-J.
- e. Solenoid Valve Darhor. Solenoid 1 dan solenoid 2 merupakan

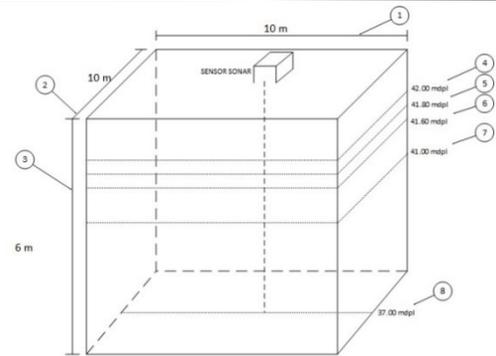
- solenoid dengan spesifikasi yang sama. Solenoid yang akan digunakan adalah merk Darhor 6 inch falnge solenoid valve.
- f. Back Up Valve. Back up valve menggunakan dua buah perangkat dengan pabrikan yang berbeda. Yang pertama adalah actuator untuk penggerak valve, yang kedua berupa gate valve. Actuator adalah pabrikan Auma, dan gate valve merupakan pabrikan E. Halwe. Produk ini sama persis dengan yang di pakai untuk valve masukan air pendingin setelah *head tank*.
- g. Strainer. Strainer yang digunakan dalam Modifikasi Control Valve *Head tank* PLTA Tulungagung ini adalah sama dengan strainer yang ada pada sistem air pendingin. Saringan pada strainer ini dilengkapi dengan motor untuk menggerus kotoran yang tersaring.

4. Modifikasi Control Valve *Head tank* PLTA Tulungagung

4.1 Konsep Modifikasi

Pada Gambar 4.1 ditampilkan konsep pengaturan elevasi *head tank* yang dimodifikasi dengan penjelasan sebagai berikut:

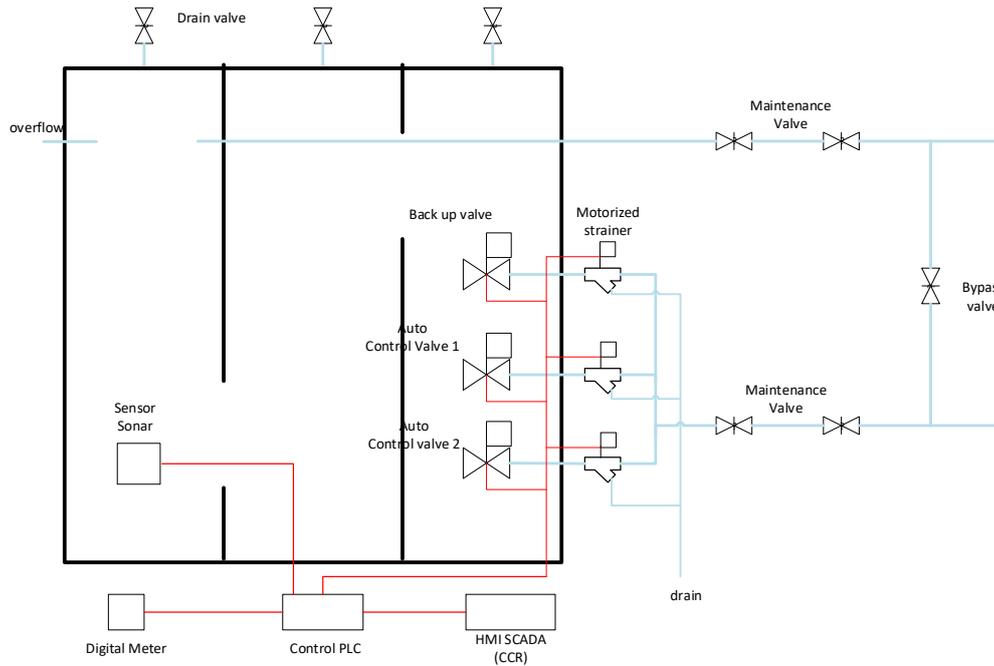
1. Panjang bangunan *head tank* yaitu 10 meter,
2. Lebar bangunan *head tank* yaitu 10 meter,
3. Tinggi bangunan *head tank* yaitu 6 meter,
4. Elevasi maksimal *head tank* yang juga sebagai penanda indikator "*head tank full*" yaitu 42.00 mdpl,
5. Elevasi minimal untuk kondisi kerja 1 (satu) sumber inlet *head tank* yaitu 41.80 mdpl,
6. Elevasi minimal untuk kondisi kerja 2 (dua) sumber inlet *head tank* yaitu 41.60 mdpl,
7. Elevasi minimal *head tank* yang memunculkan indikator "*elevasi head tank low*" yaitu 41.00 mdpl.
8. Elevasi terendah *head tank* sebagai penanda indikator "*head tank empty*" yaitu 37.00 mdpl.



GAMBAR 4.1 KONSEP PENGATURAN ELEVASI HEAD TANK

Pada gambar 4.1 ditampilkan rencana rangkaian peralatan untuk modifikasi. Berikut adalah penjelasan Gambar 4.1:

1. Auto control valve 1 merupakan inlet sumber *head tank* berupa solenoid valve untuk operasi berdasar elevasi minimal 41.80 mdpl hingga 42.00 mdpl,
2. Auto control valve 2 merupakan inlet sumber kedua *head tank* berupa solenoid valve untuk operasi berdasar elevasi minimal 41.60 mdpl hingga 42.00 mdpl,
3. Back up valve merupakan inlet sumber head ketiga tank berupa motor valve untuk operasi berdasar elevasi dibawah 41.60 mdpl,
4. Motorized strainer berfungsi sebagai saringan yang otomatis menggelontor kotoran yang berpotensi memasuki *head tank*,
5. Sensor sonar berfungsi sebagai pembaca elevasi *head tank*, yang data pembacaanya akan diproses oleh kontrol PLC,
6. Digital meter berfungsi sebagai penentu batasan bawah hingga atas dari pembacaan sesnsor sonar,
7. Control PLC berfungsi sebagai pusat pengendali seluruh peralatan kontrol *head tank* serta menjalankan kontrol secara auto atau manual,
8. Maintenance valve, drain valve, serta by pass valve merupakan gate valve manual yang digunakan saat perawatan *head tank*



GAMBAR 4.2 RENCANA RANGKAIAN PERALATAN MODIFIKASI

4.2 Perancangan Kontrol PLC

Point-point awal yang ditentukan dalam langkah awal membangun kontrol PLC adalah menentukan Power Supply, CPU, digital input (DI), dan Digital output (DO) [14, 15]. Dan karena terdapat sebuah alat analog dalam rangkaian ini, maka juga ditambahkan input analog (IA) dan output analog (AO). CPU yang dipilih untuk modifikasi kontrol valve *head tank* ini adalah CPU 315. Modul yang dipilih dalam hardware configuration adalah CPU 315-2 PN/DP dengan order number 6ES7 315-2EG00-0AB0 dan Firmware V2.5.

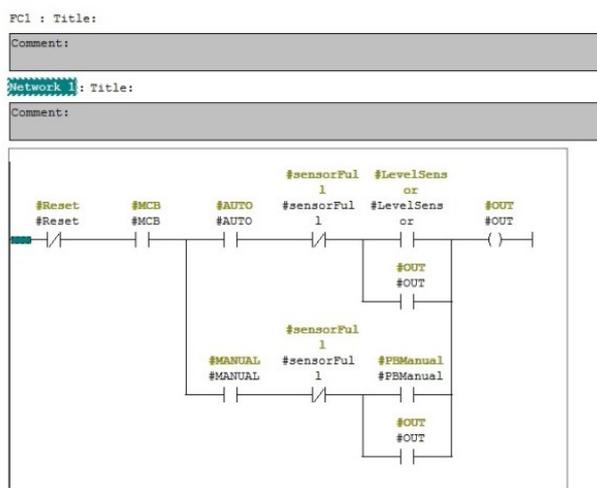
simulasi ada pada pilihan Simulation On/Off yang terdapat pada windows SIMATIC Manager. Setelah memilih pilihan Simulation On/Off, akan muncul kolom baru dengan nama S7-PLCSIM1 yang artinya adalah Simulasi PLC untuk SIEMENS Step 7.

Perancangan single line diagram kontrol valve *head tank* didasarkan pada Ladder Diagram atau Function Block Diagram atau Statment List yang telah dibangun sebelumnya. Address beserta fungsi tiap kode disesuaikan dengan rancangan program PLC yang sudah dibangun.

4.2 SCADA Wonderware Intouch 10.0

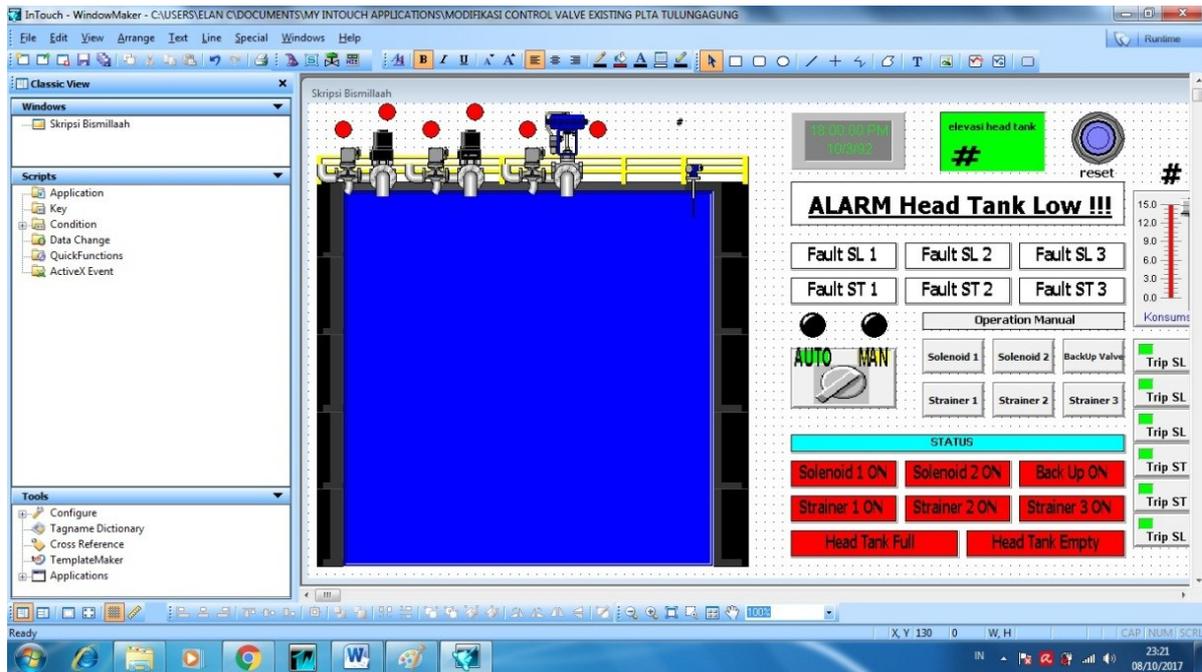
Wonderware Intouch 10.0 memiliki 3 (tiga) komponen utama yaitu *application manager*, *window maker*, dan *window viewer*. Tahap awal membangun HMI dalam Wonderware Intouch 10.0 adalah menentukan nama file simpanan yang akan menjadi nama data tersimpan dalam komputer atau laptop. Kemudian tahap selanjutnya adalah memasuki Application Manager yang sudah tercantum judul proyek sesuai dengan nama simpanan dalam *project view*. Selain nama windows, juga akan muncul lajur *scripts*. Lajur *scripts* adalah prosedur yang akan dibangun sebagai logika kontrol pada sistem yang akan dibangun.

Setelah tampilan awal Application Manager terpenuhi, maka tahap selanjutnya adalah mengisi dan membangun tampilan pada Window Maker Seperti pada gambar 4.5. Window Maker adalah dasar sekaligus tampilan dalam prosedur pada sistem kontrol yang akan dibangun.



GAMBAR 4.3 FUCTION UNTUK SOLENOID VALVE

Untuk menjalankan atau running hasil program yang sudah disusun, dalam kondisi ini adalah menggunakan simulasi. Pilihan

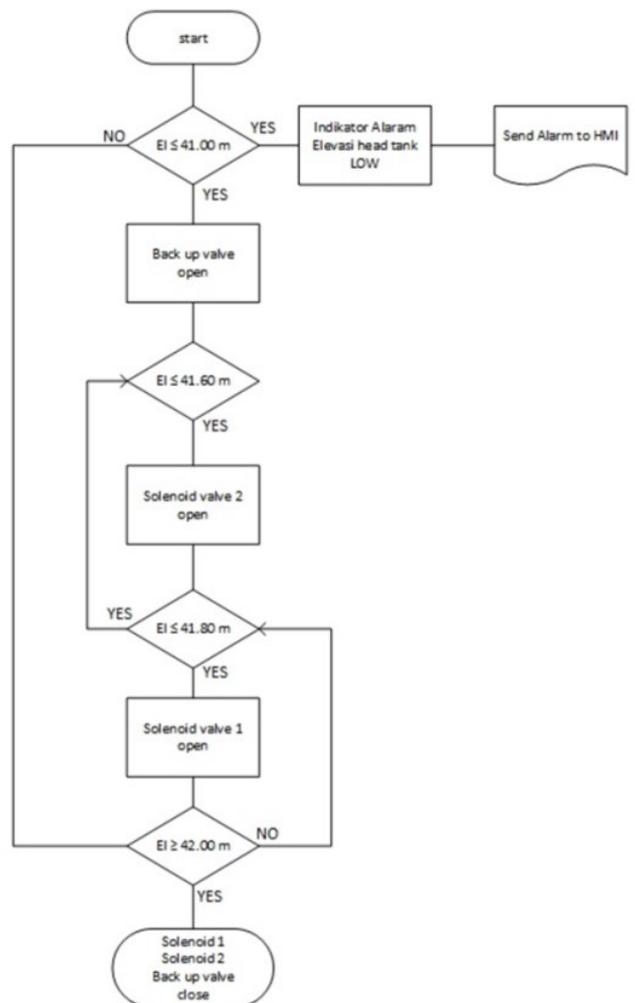


GAMBAR 4.5 INTOUCH – WINDOW MAKER

Yang akan ditampilkan dalam HMI modifikasi sistem kontrol *head tank* adalah:

- Kondisi real elevasi *head tank*
- Simulasi *head tank* beserta level air
- Simulasi auto ctrl valve 1 & 2 serta back up motorized valve
- Alarm level *head tank*
- Alarm fault peralatan kontrol
- Switch control untuk pengoperasian auto dan manual sebagai pola pengoperasian control valve
- Tombol Operation Manual untuk masing masing peralatan kontrol
- Status kondisi aktual control valve *head tank*
- Simulasi konsumsi air *head tank*
- Simulasi trip MCB

Script yang pertama diatur adalah kontrol auto dan kontrol manual seluruh rangkaian control valve *head tank*. Kontrol otomatis akan beroperasi berdasar pada setting elevasi air yang ada pada *head tank*. Sedangkan kontrol manual akan beroperasi dengan cara memilih push button pada setiap peralatan yang sudah di tampilkan yang juga akan beroperasi berdasarkan pada pengaturan elevasi *head tank*. Pengoperasian tersebut akan sesuai dengan flow charat pada Gambar 4.7.



GAMBAR 4.7 FLOW CHART CONTROL VALVE *HEAD TANK* SETELAH MODIFIKASI

Prinsip kerja control valve *head tank* setelah modifikasi

sesuai dengan flowchart Gambar 4.7 adalah:

1. Awal pengisian *head tank* adalah kondisi ≤ 41.00 mdpl dengan mengirim sinyal alarm *head tank* low di ruang CCR
2. Jika elevasi *head tank* ≤ 41.60 akan memerintahkan back up valve + solenoid valve 1 + solenoid valve 2 beroperasi hingga air mencapai elevasi 42.00 mdpl.
3. Jika $41.60 \text{ mdpl} \leq \text{elevasi air } head \text{ tank} \leq 41.80 \text{ mdpl}$, maka solenoid valve 1 + solenoid 2 ON hingga elevasi air mencapai 42.00 mdpl
4. Jika $41.80 \text{ mdpl} \leq \text{elevasi air } head \text{ tank} \leq 42.00 \text{ mdpl}$, maka solenoid valve 1 hingga elevasi air mencapai 42.00 mdpl
5. Jika elevasi air *head tank* ≥ 42.00 mdpl, maka back up valve + solenoid valve 1 + solenoid valve 2 = CLOSE

Dalam menjalankan program SCADA dan PLC agar bisa selaras, dibutuhkan sebuah perangkat yang mampu menyambungkan SCADA Wonderware Intouch 10.0 dengan PLC Siemens S7. Perangkat pengatur agar SCADA dengan PLC bisa tersambung disebut dengan perangkat konfigurasi komunikasi. Konfigurasi komunikasi antara Wonderware Intouch 10.0 dengan PLC Siemens S7 pada modifikasi ini menggunakan software pembantu milik Wonderware Intouch. Software penunjang tersebut merupakan jenis DAServer. Software pembantu ini sudah menjadi paket bawaan Wonderware Intouch 10.0. Bisa disimpulkan bahwa ini adalah konfigurasi PLC Siemens S7 dengan Wonderware Intouch 10.0 via DAServer

5. Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian yang telah dilakukan antara lain.

1. Rangkaian Control Valve saat ini adalah rangkaian control mekanis yang masih banyak memiliki kekurangan dalam hal kehandalan pengoperasian, terlebih saat terjadi gangguan kebuntuan pada musim hujan
2. Rangkaian Perencanaan Modifikasi Control Valve pada *Head tank* PLTA Tulungagung memiliki banyak keunggulan dari segi kontrol jarak jauh, kehandalan, serta peningkatan dalam hal keselamatan dan kesehatan kerja
3. Dibutuhkan tambahan peralatan dalam Modifikasi Control Valve pada *Head tank* PLTA Tulungagung yaitu berupa 2 buah solenoid valve 6", 1 buah motorized gate valve, 3 buah water strainer, sebuah modul PLC Siemens S7 bersama lisence-nya, Software SCADA Intouch 10.1 bersama -nya.

Daftar Pustaka

- [1] Alvaro Luiz G. Carneiro, Almir C. S. Porto Jr., An Integrated Approach for Process Control Valves Diagnosis Using Fuzzy Logic, Nuclear Energy Research Institute/National Nuclear Energy Commission (IPEN/CNEN—SP), Navy Technology Center/Navy Ministry (CTMSP/MB), Sao Pulo, Brazil, 2014
- [2] Indar Sugiarto, Design and Implementation of SCADA Alarm in A Drink Production Process Using Wonderware, Electrical Engineering Department, Faculty of Industrial Technology, Petra Christian University, Surabaya, 2004
- [3] Mohammad HEIDARI, Hadi HOMAEI, Improving The Pneumatic Control Valve Performance Using A PID Controller, Mechanical Engineering Group, Aligudarz Branch, Islamic Azad University, Faculty of Engineering, Shahrekord University, Shahrekord, Iran, 2015
- [4] Panos J. Antsaklis, Kevin M. Passino, S. J. Wang, An Introduction to Autonomus Control System, Greece, Angola, Taiwan, 1991
- [5] PLTA Tulungagung PT PJB UP Brantas, Instruksi Kerja (IK) Main Strainer PLTA Tulungagung, Desa Besole, Tulungagung, 2017.
- [6] PLTA Tulungagung PT PJB UP Brantas, Standart Operasional Procedure (SOP) *Head tank* PLTA Tulungagung, Desa Besole, Tulungagung, 2012.
- [7] PLTA Tulungagung PT PJB UP Brantas, Standart Operasional Procedure (SOP) *Head tank* PLTA Tulungagung, Desa Besole, Tulungagung, 2012.
- [8] Reivax, RTX Power, Voltage Regulator and Speed Governor Integrated System," Operation and Maintenance Manual", Golang, Ngebel dan Siman, 2015.
- [9] Richa Netto, Aditya Bagri, Programmable Logic Controllers, Thadomal Shahani Engineering College, Mumbai University Bandra, Mumbai, 2013.
- [10] Rizkika Fitri, Erik Haritman, Dede Suparta, Wawan Purnama, SCADA Untuk Twido Trainer Menggunakan Perangkat Lunak Wonderware Intouch, Program Studi Pendidikan Teknik Elektro/PTK Universitas Pendidikan Indonesia, Bandung 2013
- [11] Tim PT PLN (Persero) Udiklat Padang, Materi Khusus Teknisi Pembantu Listrik PLTA (Modul I Pemeliharaan), Tim PT PLN (Persero) Udiklat Padang, Padang, ± 2007
- [12] Sigit Setya Wiwaha, Ferdian Ronilaya, Farhan Dhiya Ulhaq, M. Naufal Fariz Muhfid, Ricky Setyawan, and Sri Wahyuni Dali, "Rancang Bangun Turbin Crossflow Pada Spiral Vortex Turbine House Sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Pikohidro", *elposys*, vol. 8, no. 3, Oct. 2021.
- [13] Andrik Sunyoto, Priya Surya Harijanto, and Bakti Indra Kurniawan, "Sistem Instalasi Pembangkit Pikohidro Untuk Keluaran Listrik Arus Searah 12 Volt", *elposys*, vol. 9, no. 3, pp. 99–107, Feb. 2022.
- [14] Rhezal Agung, Naufal Ramadhani Akbar, and Sapto Wibowo, "Perencanaan dan Implementasi Inverter Satu Fasa Pada Pembangkit Listrik Tenaga Pikohidro di Air Terjun Watu Lumpang Mojokerto", *elposys*, vol. 9, no. 3, pp. 108–114, Oct. 2022.
- [15] Hasibuan, B. A., Siahaan, J. C., & Harianda, I. (2022). ANALISIS UNJUK KERJA TURBIN AIR KAPASITAS 3× 6 MW PADA BEBAN NORMAL DAN BEBAN PUNCAK DI UNIT PLTA PAKKAT PT. ENERGY SAKTI SANTOSA. *SINERGI POLMED: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 3(1), 13-22.