

Coordinated Multi Loop Control Systems Pada Pengendali Temperatur Berbasis Industrial Robustness-RTU

Alfi Taufiq Ramdani¹, Paula Santi Rudati², Feriyonika³

¹Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40012

E-mail : alfi.taufiq.tecs13@polban.ac.id

²Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40012

E-mail : psrudati@polban.ac.id

³Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40012

E-mail : feriyonika@gmail.com

ABSTRAK

Dunia industri saat ini membutuhkan sistem otomatisasi modern dalam memproduksi ataupun memproses suatu produk. Pengendalian plant umumnya dilakukan secara terpisah dan tidak terkordinasi. Coordinated Multi-Loop Control Systems menyediakan sistem pengendalian yang terpadu dan terkoordinasi. Plant yang dikendalikan berupa plant temperature yang mendapat bantuan dari plant kecepatan dan plant posisi secara terkoordinasi. Plant kecepatan merupakan kipas digunakan untuk mendinginkan plant sedangkan plant positusi digunakan untuk mengatur aliran udara pada plant. Algoritma master control menggunakan persamaan garis untuk menentukan nilai setpoin yang akan diberikan pada setiap Local Control unit atau LCU. Setiap plant dikendalikan oleh Local Control Unit atau LCU yang berkoordinasi dengan Remote Terminal Unit atau RTU. Metode kendali yang digunakan ialah metode kendali PID. Plant kecepatan menggunakan kendali PI, plant temperature menggunakan kendali PID dan plant posisi menggunakan kendali P. Nilai parameter untuk plant kecepatan ialah $K_p = 1$ dan $T_i = 0.7$, untuk plant temperature $K_p = 12.5$, $T_i = 125$, dan $T_d = 0.5$, dan untuk plant posisi $K_p = 2.76$.

Kata Kunci

Local Control Unit, Remote Terminal Unit, PID, master control

1. PENDAHULUAN

Dunia industri saat ini membutuhkan sistem otomatisasi modern dalam memproduksi ataupun memproses suatu produk. Pengendalian plant umumnya dilakukan secara terpisah dan tidak terkordinasi. (5)

Peluang yang dapat diambil ialah dengan mengembangkan sistem industri untuk meningkatkan hasil produk dari suatu industri. Salah satu sistem industri ialah sistem *Multi Loop Control*. *Multi Loop Control* adalah suatu pengembangan sistem control agar didapat pengontrol suatu loop system yang lebih terpadu dan dapat dikendalikan dengan cepat dan tepat.

Salah satu sistem yang sering digunakan di industri ialah sistem kendali temperatur. Pengaturan temperatur memerlukan waktu yang cukup lama bila dibandingkan dengan pengaturan sistem lain diharapkan dengan menggunakan sistem *Multi Loop Control* ini pengaturan temperatur menjadi lebih cepat dan tepat.

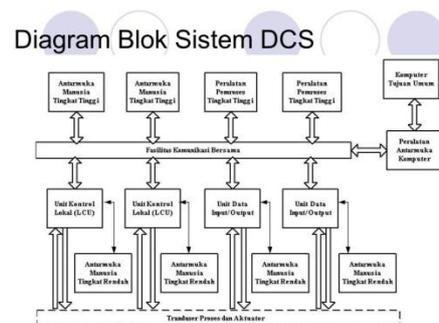
2. METODE PENELITIAN

Prinsip kerja dari alat ini ialah mengatur temperatur sesuai rentang yang sudah diatur dengan menggunakan 3 buah plant yaitu *plant* kecepatan, *plant* temperatur dan *plant* posisi

2.1 Distributed Control System (DCS)

DCS adalah suatu pengembangan sistem control dengan menggunakan komputer dan alat elektronik lainnya agar didapat pengontrol suatu loop system yang lebih terpadu dan dapat dilakukan semua orang dengan sepat dan mudah. Blok diagram DCS sendiri ditunjukkan pada gambar 1

DCS mirip dengan jaringan PC sederhana. Namun ada beberapa perbedaan. Pertama, perangkat keras dan perangkat lunak dari DCS dibuat lebih fleksibel, yaitu mudah untuk dimodifikasi dan dikonfigurasi sehingga dapat menangani banyak sistem. Kedua, DCS yang modern dilengkapi dengan optimization, high performance model building, dan control software (optional). (1)



Gambar 1. Diagram Blok Sistem DCS(2)

2.2 Prasyarat Sistem

Adapun prasyarat yang harus dipenuhi sistem antara lain:

1. Alat dapat mengendalikan setiap *plant* pada sistem.
2. RTU dan LCU dapat berkoordinasi dalam penentuan parameter pengendalian.
3. Terdapat sistem alarm apabila nilai suhu melebihi batas atas atau batas bawah.
4. Alat dapat merekam data dari parameter-parameter pada sistem.
5. Terdapat sistem keamanan pada Human Machine Interface.

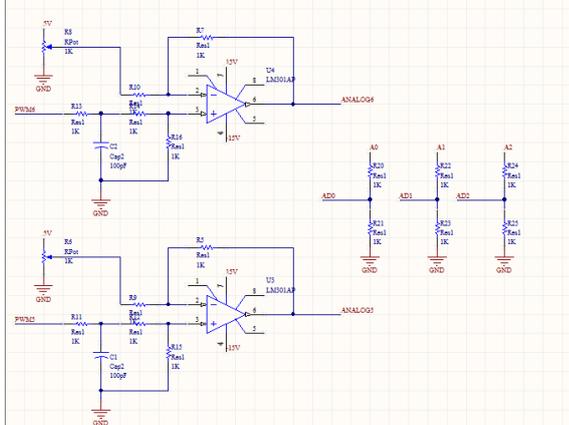
2.3 Perancangan dan Realisasi Sistem

Perancangan dan realisasi sistem dibagi kedalam 5 bagian yaitu , sistem elektronik, sistem kendali , perangkat lunak, desain mekanik dan *human machine interface*.

2.3.1 Sistem Elektronik

Perancangan elektronik untuk penelitian ini ialah rangkaian Local Control Unit yang terdiri dari rangkaian pembagi tegangan, rangkaian substractor dan rangkaian penguat yang dirancang menjadi shield arduino. Selain rangkaian penguat pada Local Control Unit juga terdapat ethernet shield yang dipasang pada arduino agar local control unit dapat terhubung dengan Stardom FCN-RTU atau master control menggunakan port ethernet.

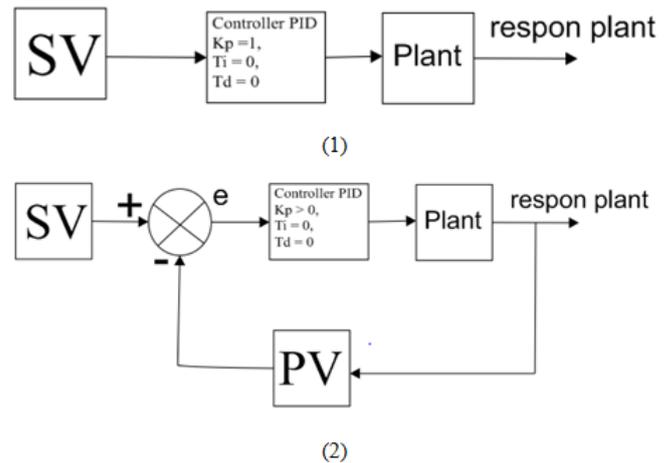
Rangkaian Local Control Unit terdiri dari rangkaian pembagi tegangan, substractor dan penguat. Rancangan rangkaian Local Control Unit ditunjukkan pada gambar 2



Gambar 2. Rancangan Rangkaian Local Control Unit

2.3.2 Sistem Kendali

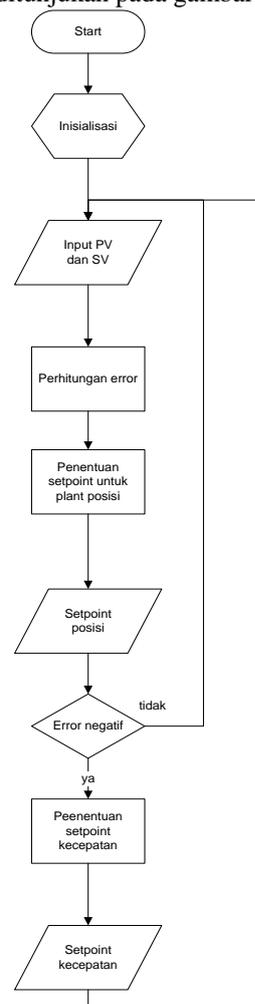
Perancangan kendali PID untuk setiap local plant menggunakan metode Ziegler Nichols 1 untuk kendali temperatur dan posisi, sedangkan untuk kendali kecepatan menggunakan metode Ziegler Nichols 2. Perancangan kendali menggunakan arduino sebagai kontroler awal. Blok diagram perancangan kendali untuk metode Ziegler Nichols 1 dan Ziegler Nichols 2 ditunjukkan pada gambar 3.(4)



Gambar 2. Diagram Blok Perancangan Kendali (1) Ziegler Nichols 1, (2) Ziegler Nichols 2

2.3.3 Perangkat Lunak

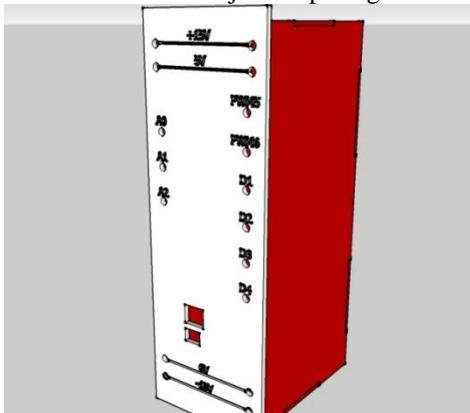
Perancangan algoritma *master control* digunakan untuk menentukan aksi yang akan dilakukan oleh *master control* berdasarkan perubahan *setpoint global* yaitu suhu agar memberikan pengaruh pada kipas dan jendela. Flowchart *master control* ditunjukkan pada gambar 3.



Gambar 3. Flowchart *master control*

2.3.4 Desain Mekanik

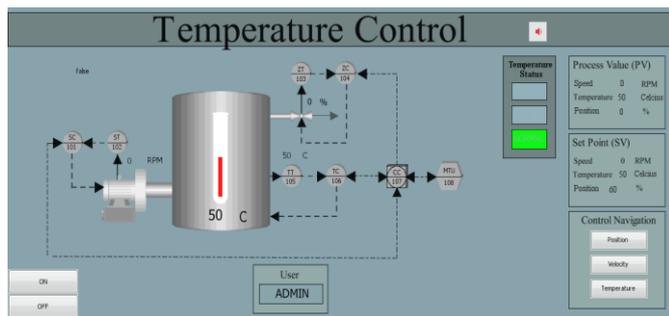
Desain mekanik merupakan *box* atau tempat menyimpan Arduino dan rangkaian *Local Control Unit*. Bahan yang digunakan ialah akrilik 3mm. Perancangan mekanik untuk *box Local Control Unit* ditunjukkan pada gambar 4.



Gambar 4. Desain mekanik LCU

2.3.5 Human Machine Interface (HMI)

Agar nyaman dipandang dan informatif maka dipilihlah warna abu muda sebagai latar, tampilan nilai disimpan pada bagian kiri hmi dan untuk memudahkan bagian navigasi disimpan pada bagian kiri bawah. Pada bagian navigasi terdapat tombol untuk menuju halaman overview dan wiring diagram. Untuk memberikan dan melihat data pengendalian terdapat pada menu control navigation di kiri bawah bagian HMI. HMI ini juga terdapat trend dan data monitoring, alarm dan security. Akan tetapi security yang dibuat masih belum maksimal yaitu belum bisa login untuk menentukan akses apa saja yang boleh digunakan pada HMI untuk setiap user yang berbeda. Tampilan HMI ini dibuat berdasarkan state flow yang telah dibuat sebelumnya. Tampilan HMI pada gambar 5



Gambar 5. Tampilan utama human machine interface

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian sistem terdiri dari pengujian rangkaian LCU, pengujian kendali dan pengujian sistem secara keseluruhan.

3.1 Pengujian Rangkaian LCU

Pengujian rangkaian penguat dilakukan untuk memastikan bahwa keluaran tegangan dari rangkaian penguat sudah sesuai dengan tegangan yang diharapkan sebelumnya.

Terdapat dua buah rangkaian penguat yaitu rangkaian penguat dengan penguatan dua kali dan rangkaian subtractor dengan penguatan 4 kali. Pengujian dilakukan dengan memberikan nilai pwm secara bertahap dari arduino lalu tegangan keluarannya dilihat apakah sudah sesuai dengan penguatan yang diharapkan. LCU 1 dan LCU 2 menggunakan rangkaian penguat dua kali yang akan digunakan untuk plant temperature dan posisi sedangkan LCU 3 menggunakan rangkaian subtractor dengan penguatan empat kali yang digunakan untuk plant posisi. Data pengujian rangkaian penguat ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1 Pengujian rangkaian LCU

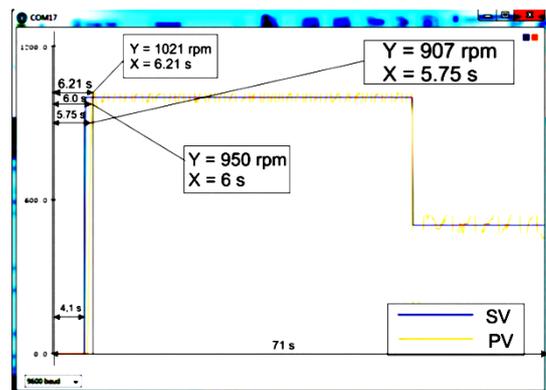
Pin Arduino	Nilai PWM	Nilai Tegangan (V)		
		LCU 1	LCU 2	LCU 3
5	0	0	0	-10.55
6	0	0	0	-10.54
5	50	2.02	2.1	-9.9
6	50	2.04	2.11	-10
5	100	3.99	4.1	-5.11
6	100	4.03	4.11	-5.29
5	150	5.99	6.09	0
6	150	6.02	6.06	0
5	200	7.9	8.08	4.89
6	200	7.95	8.11	4.7
5	255	10.09	10.28	10.38
6	255	10.15	10.32	10.18

Berdasarkan tabel dapat dilihat bahwa untuk keluaran LCU 1 dan LCU 2 ialah 0 sampai 10 volt yang awalnya keluaran arduino ialah 0 sampai 5 volt, sedangkan untuk LCU 3 keluaran tegangannya ialah -10 sampai 10 volt yang awalnya keluaran arduino ialah 0 sampai 5 volt. Dapat disimpulkan bahwa rangkaian penguat sudah berfungsi sesuai spesifikasi yang diharapkan.

3.2 Pengujian Kendali

Pengujian kendali terdiri dari 3 buah kendali yaitu pengujian kendali kecepatan, kendali temperature dan kendali posisi

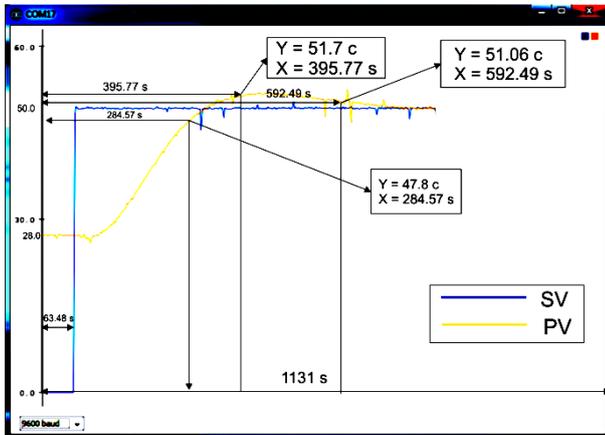
3.2.1 Pengujian Kendali Kecepatan



Gambar 6. Pengujian kendali kecepatan

Dengan nilai $K_p = 0.1$, $T_i = 0.7$ dan $T_d = 0$ didapat respon sistem dengan overshoot $((1021-1000)/1000) \cdot 100\% = 2.1\%$, rise time = $5.75-4.1 = 1.65$ s dan settling time = $6-4.1 = 1.9$ s.

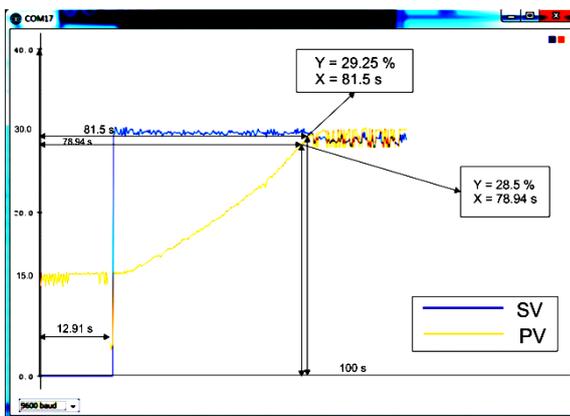
3.2.2 Pengujian Kendali Temperatur



Gambar 7. Pengujian kendali temperatur

Dengan nilai $K_p = 12.35$, $T_i = 25.2$ dan $T_d = 1$ didapat respon sistem dengan overshoot $((51.7-50)/50) \cdot 100\% = 3.4\%$, rise time = $284.57-63.48 = 221.09$ s dan settling time = $592.49-63.48 = 529.01$ s.

3.2.3 Pengujian Kendali Posisi



Gambar 8. Pengujian kendali posisi

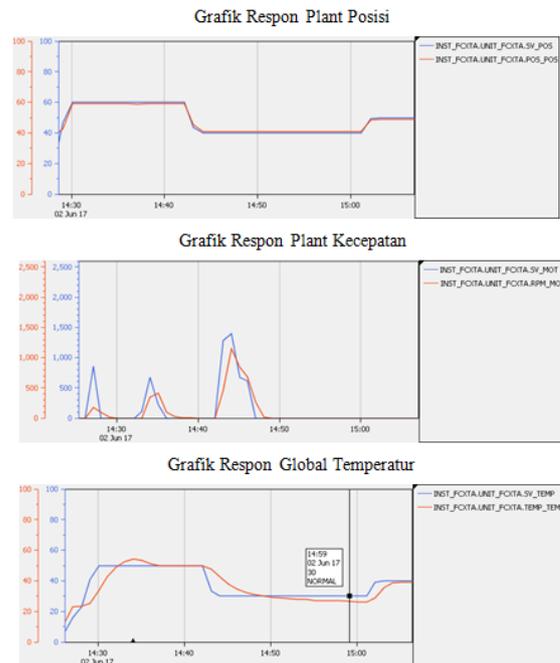
respon stabil dengan parameter overshoot mendekati 0%, rise time = $78.94-12.91 = 62.03$ s, dan settling time = $81.5-12.91 = 68.59$ s.

3.3 Pengujian Sistem Secara Keseluruhan

Setelah menentukan parameter kendali untuk setiap plant, selanjutnya ialah mengintegrasikan semua plant dengan master control. Master control mengirimkan data setpoint pada setiap LCU sesuai dengan error dan nilai global setpoint dari respon plant temperature.

Pengujian dilakukan dengan memberikan nilai setpoint dan melihat respon untuk setiap plant. Setpoint yang bisa diberikan pada HMI hanya setpoint untuk suhu sedangkan setpoint nilai kecepatan motor dan posisi jendela diberikan

secara otomatis berdasarkan algoritma master control yang sebelumnya telah dibuat.



Gambar 9 Pengujian sistem secara keseluruhan

Mengacu respon sistem secara keseluruhan pada gambar 9 saat sepoint suhu dinaikan melebihi dari nilai respon awal yaitu 50 derajat celcius maka lampu akan menyala, kipas akan mati dan posisi jendela akan menutup sesuai nilai setpoint yaitu menutup sebesar 60%. Setelah stabil saat setpoint diturunkan menjadi 30 derajat celcius maka lampu akan mati, kipas akan menyala untuk mendinginkan plant dan posisi jendela berubah menjadi 40%.

Secara prinsip kerja semua plant sudah berkoordinasi dengan baik. Saat plant temperature membutuhkan pendinginan atau pemanasan sistem ketiga plant telah saling terkoordinasi dan memberikan aksi yang sesuai. Akan tetapi dilihat dari grafik masih ada kekurangan saat suhu diturunkan. Plant cenderung merespon lambat sehingga nilai suhu terus turun dari setpoint. Hal ini dikarenakan pada plant temperature proses pengendalian masih belum optimum sehingga lampu telat merespon untuk mempertahankan nilai setpoint.

4. DISKUSI

Penelitian ini dapat dilanjutkan dengan menggunakan media komunikasi wireless

5. KESIMPULAN

Berdasarkan perancangan, hasil perancangan dan pengujian, dapat disimpulkan bahwa:

1. Kendali kecepatan motor menggunakan kendali PI dengan nilai $K_p = 1$ dan $T_i = 0.7$. Kendali temperature menggunakan kendali PID dengan Nilai $K_p = 12.35$,

$T_i = 25.2$ dan $T_d = 1$. Kendali Posisi jendela menggunakan kendali P dengan nilai $K_p = 4.06$.

2. Kendali kecepatan motor mengeluarkan nilai kendali positif atau memutar kipas saat terdapat error negatif atau saat nilai Setpoint lebih rendah dari nilai suhu yang terbaca
3. Kendali posisi bekerja sesuai dengan nilai global setpoint yang diberikan. Semakin tinggi nilai setpointnya maka jendela akan semakin besar nilai penutupannya.

6. SARAN

Untuk pengembangan dapat dilakukan hal berikut ini :

1. Menguji kehandalan sistem dengan menerapkan metoda pengendalian diluar PID casual agar mendapatkan respon yang lebih baik.
2. Sebagai pengembangan, komunikasi data antara RTU dengan setiap LCU dapat menggunakan media wireless .
3. Menambahkan jumlah plant untuk menguji kehandalan master control.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada tim Learning Center Yokogawa sehingga penelitian pada Penelitian ini dapat berjalan sebagaimana mestinya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Arsyad. Distibuted Control System (DCS) dan Sistem Kontrol pada CO2. Internship Reposrt. Semarang: Universitas Diponegoro.
- [2] A U, Ai C, S H. Sistem Kendali PID dan Adeptif untuk Pengendalian Kecepatan Motor DC berbasis PLC. Jurnal Penelitian Teknik Elektro dan Teknologi Informasi. 2014 Juli; 1(1).
- [3] Wijaya EC, Setiawan I, W. Auto Tuning PID Berbasis Metode Ziegler-Nichols Menggunakan Mikrokontroler AT89S52 pada Pengendalian Suhu. .
- [4] Bara'langi SY, Tangdiling F. Implementasi Protokol Modbus TCP pada Sistem Monitoring Besaran Listrik Menggunakan Labview dan Power Meter Schneider 810. Jurnal Telematika. 2014 September; 2(2).
- [5] Prabowo H. Desain dan Realisasi Sistem Kendali pada Plant Ball And Beam. Proyek peneli. Bandung: Politeknik Negeri Bandung, Departemen Elektro; 2015.