BAB III
PERANCANGAN SISTEM KONTROL PID

Metode penelitian yang diambil untuk menyelesaikan permasalahan ketidakstabilan proses spray pada PLTU Suralaya #4 menjaga tekanan *spray* dalam pipa *auxiliary steam*, control valve yang digunakan SPX Copes-Vulcan dengan *disk cage* Raven Trim. Maka dari itu perlu dianalisis keandalaan peralatan dalam menjaga kualitas tekanan spray agar line uap *auxiliary* dapat beroperasi dengan normal sesuai dengan standar yang dijaga dan ditetapkan dari desain awal. Jika kualitas tekanan spray buruk, melebihi tekanan standar sehingga *pressure control valve* bekerja maksimal sehingga uap *auxiliary* di-*inject* terus menerus menyebabkan temperatur turun drastis sehingga uap yang seharusnya dijaga *superheat steam* (uap kering) menjadi *saturated steam* (uap basah) ketika di-spray menyebabkan peralatan yang disealing menjadi lebih basah jangka panjangnya peralatan bisa korosi lebih cepat. Adapun metode penelitian yang diambil dengan beberapa cara sebagai berikut:

3.1 Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan pada *pressure control valve auxiliary steam water pressure* Suralaya #4 PT Indonesia Power yang terinterkoneksi tiap-tiap unitnya dari Suralaya 1-4. Kegunaan *auxliriary steam* memasok kebutuhan peralatan *pulverizer, desalination plant, fuel day tank suction heaters, demin plant, unit fuel oil heaters, oil burners ignitors, steam coil air heater, turbine gland steam, start up (hogging) main ejector dam start up heating pressure pegging on low load dearator.* Kapasitas *auxiliary steam* sebesar 70000 kg/hr, bila proses terganggu

https://digilib.mercubuana.ac.id/

maka akan menyebabkan kerusakan yang berlanjut pada peralatan dan sistem yang lebih besar sehingga sangat penting untuk memenuhi kebutuhan operasi tiap harinya. Boiler yang digunakan pada PLTU Suralaya #4 untuk menghasilkan *auxiliary steam* didesain dan dibuat oleh Babcock Wilcocx Canada. Menghasilkan uap panas dari *primary superheater dan cold reheat,* diatur oleh PCV *PSH via Auxiliary Steam* dan PCV *CRH via Auxiliary Steam* dengan tabel operasi seperti berikut:

Tabel 3.1 Primary Superheater via Aux Steam

Primary Superheater		
	Normal Operation	Unit
Design Pressure/Temp	197 / 505	kg/cm^2 / ºC
Flow	70000	kg/cm*hr^{-1}
Operation Pressure/Temp	174 / 448	kg/cm^2 / ºC

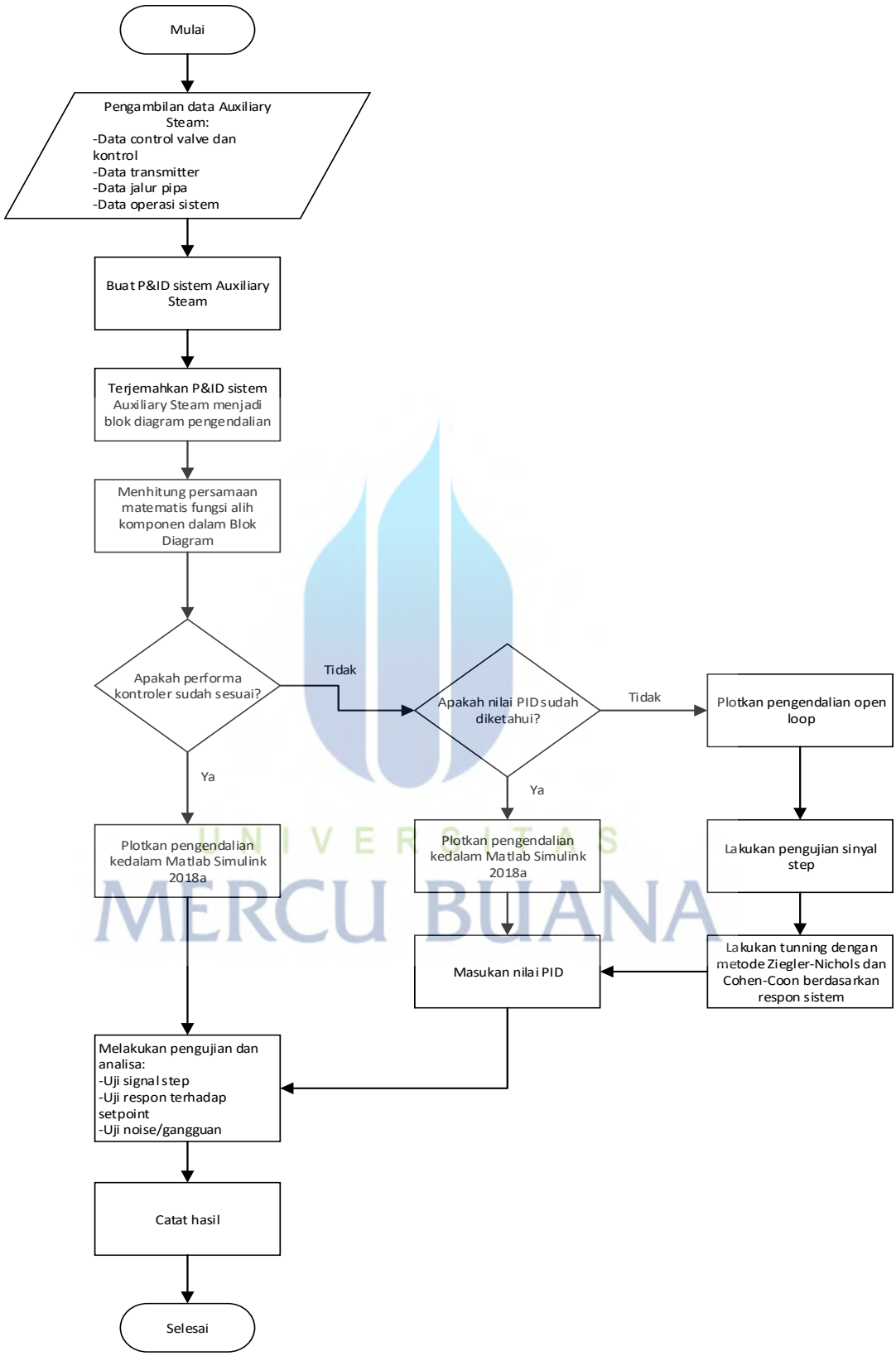
Tabel 3.2 Cold Reheat via Aux Steam

Cold Reheat		
	Normal Operation	Unit
Design Pressure/Temp	50,6 / 354	kg/cm^2 / ºC
Flow	70000	kg/cm*hr^{-1}
Operation Pressure/Temp	40,2 / 333,5	kg/cm^2 / ºC

3.2 Langkah Penelitian

Sebelum melakukan penelitian alur dan data-data terkait *pressure control valve spray auxiliary steam* dikumpulkan guna mempermudah dalam mengambil langkah-langkah selanjutnya. Berikut langkah-langkah penelitian yang dapat digunakan dalam penelitian ini:

UNIVERSITAS MERCU BUANA

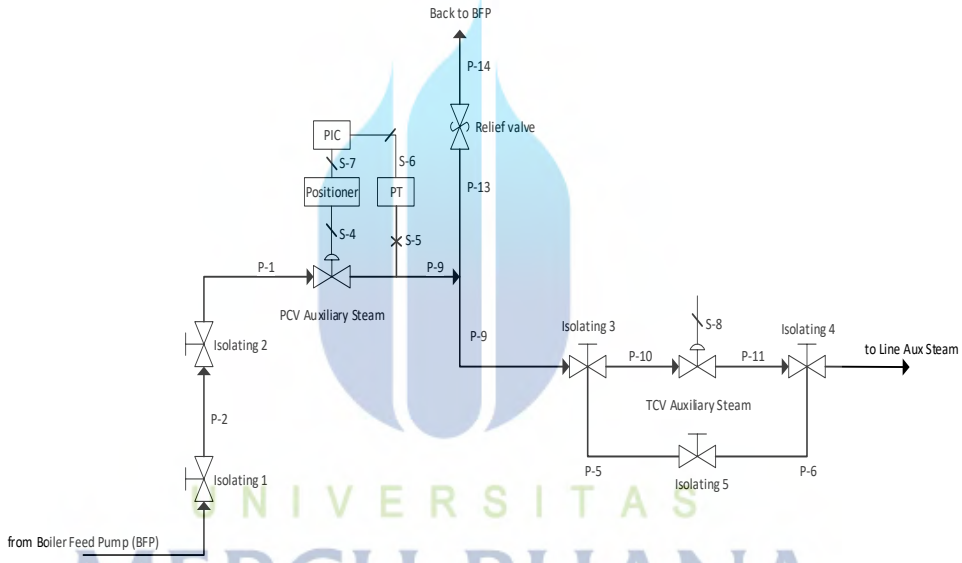


Gambar 3.1 Flow chart penelitian

UNIVERSITAS MERCU BUANA

3.3 P&ID (*Piping and Instrument Diagram)* Auxiliary Steam Spray

Piping and Instrument diagram adalah skema untuk menerangkan peralatan yang ada pada plant dimana terdapat konsep desain fungsional, peralatan sistem dan instrumentasi. Dengan P&ID analisa permasalahan atau cara kerja sistem dapat dilakukan. Diagram tersebut menunjukkan aliran proses pada pabrik yang lebih umum yang memiliki hubungan antara peralatan utama pada fasilitas pabrik. Berikut merupakan P&ID dari *pressure control valve spray auxiliary steam* yang diadaptasi sesuai kondisi actual.

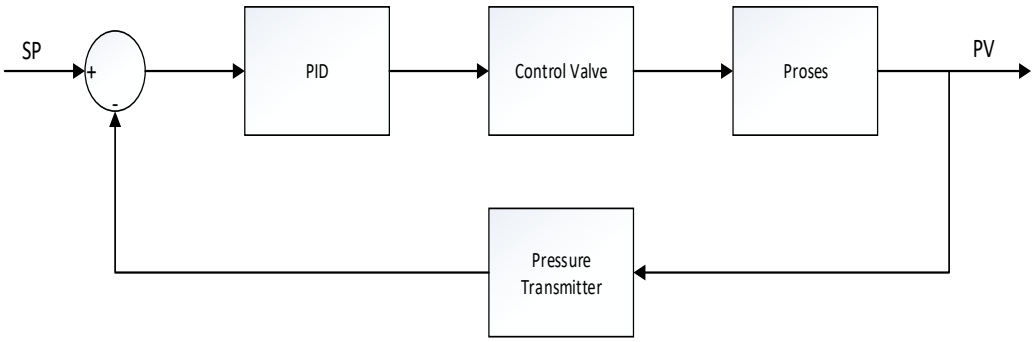


Gambar 3.2 P&ID Spray Auxiliary Steam

3.4 Diagram Blok Pengendalian Spray Auxiliary Steam

Sistem yang dibahas pada penelitian ini adalah sistem pengontrolan pressure control valve pada *auxiliary steam*. Maka dari itu untuk membentuk suatu sistem pengontrolan diperlukan blok diagram pengendalian dalam hal ini sistem *spray auxiliary steam* yang diterjemahkan dari P&ID-nya. Berikut ini adalah blok diagram pengendalian untuk *spray auxiliary steam.*

UNIVERSITAS MERCU BUANA



Gambar 3.3 Diagram Blok Pengendalian Spray Auxiliary Steam

3.5 Permodelan Sistem

Permodelan sistem merupakan suatu teori untuk mencirikan hubungan masukan dari keluaran komponen yang dapat digambarkan suatu persamaan diferential linear, invariant waktu (Ogata, 1997). Fungsi matematis yang telah diperoleh dari rumus fisikanya diturunkan ke dalam variant waktu yang nanti digunakan pada simulasi Matlab. Permodelan ini dilakukan untuk masing-masing komponen yang berperan pada sistem *spray auxiliary steam* yang telah dijelaskan pada diagram blok pengendalian sistem.

3.5.1 Permodelan Transmitter

Pressure transmitter berfungsi memberikan feedback keluaran yang mengukur besaran tekanan diubah ke satuan milli Ampere. Metode pemasangan *pressure transmitter* di lapangan seperti pitot tube karena cukup mengambil *tapping point* pada media pipa yang akan diukur. Berikut data pengukuran input dan output tekanan pada *spray water auxiliary steam.*

Tabel 3.3 Pengukuran Output Transmitter pada line Spray Water Pressure

Percentage (%)	Input (kg/cm^2)	Output (mA)
0	0	4
20	20	7,2005
40	40	10,4
60	60	13,607
80	80	16,802
100	100	20

UNIVERSITAS MERCU BUANA

Dari data diatas dapat dihitung gain untuk *transmitter* sesuai dengan persamaan 2.20, sehingga menjadi seperti berikut:

$$G_t = \frac{\Delta Output}{\Delta Input} = \frac{20-4}{100-0} = \frac{16}{100} = 0{,}16\ mA/kgcm^{-2} \quad (3.1)$$

Karena sistem ini ber-orde satu dengan time constant yang sudah diketahui pada Yokogawa EJA530A, yaitu dampintg time constant sebesar 2 s. Jika dilihat pada fungsi sistem orde dua, waktu dapat disamakan dengan konstanta J sehingga nilai J = 2 diperoleh dari *time constant* transmitter. Rasio redaman pada sistem dianggap ideal maka nilai B = 1. Gain transmitter dapat digunakan untuk nilai K dalam hal ini gain transmitter sehingga G_t = K. Faktor redaman digunakan sebagai syarat perhitungan pada persamaan 2.2, mencari nilai faktor redaman dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$\xi = \frac{B}{2\sqrt{(K\times J)}} = \frac{1}{2\sqrt{(0{,}16\times 2)}} = \frac{1}{1{,}1314} = 0{,}8838$$

Selain faktor redaman pada persamaan fungsi orde dua diperlukan nilai frekuensi alami tanpa redaman, agar terpenuhi persamaan 2.2 dapat dicari frekuensi alami tanpa redaman sebagai berikut:

$$\omega_n = \sqrt{K/J} = \sqrt{0{,}16/_2} = \sqrt{0{,}08} = 0{,}2828$$

Gain *transmitter* disubtitusikan ke persamaan 2.2, sehingga menjadi seperti berikut:

$$\frac{C(s)}{R(s)} = \frac{\omega^2{}_n}{s^2+2\xi\omega_n s+\omega^2{}_n}$$

$$\frac{C(s)}{R(s)} = \frac{(0{,}2828)^2}{s^2+(2\times 0{,}8838\times 0{,}2828)s+(0{,}2828)^2}$$

$$\frac{C(s)}{R(s)} = \frac{0{,}08}{s^2+0{,}4998s+0{,}08} \quad (3.2)$$

3.5.2 Permodelan Control Valve

Permodelan control valve mengatur besaran tekanan yang keluar agar air dapat masuk ke dalam jalur uap yang di-*spray*, proses tersebut dijaga saat salah satu unit pembangkit memegang kendali penuh atas suplai *auxiliary steam* untuk kebutuhan unit lainnya. Sehingga ketika terjadi kesalahan operasi dapat menyebabkan *trip* unit, jika unit yang lain belum siap untuk pegang kendali atas suplai *auxiliary steam.*

UNIVERSITAS MERCU BUANA

Data terkait *control valve spray auxiliary steam*, terdiri dari penguatan positioner dan fungsi dari aktuator dan valve itu sendiri. Inputan yang diterima positioner sinyal elektrik 4-20 mA diubah ke dalam pneumatic untuk menggerakan aktuator, didalamnya terdapat *instrument to pneumatic* (I/P) converter. Berikut data inputan *positioner* terhadap output pembukaan.

Tabel 3.4 Input positioner terhadap demand pembukaan

Input (mA)	Output (Psi)	Output (Kg)
4	3	0,2109
8	6	0,4218
12	9	0,6327
16	12	0,8436
20	15	1,0546

Control valve menggunakan *positioner* sebagai penggerak actuator valve yang digerakkan dengan output 3-15 psi diubah ke satuan kilogram (kg) karena diplant menggunakan satuan tersebut sehingga positioner memiliki gain seperti berikut:

$$G_p = \frac{\Delta Output}{\Delta Input} = \frac{1{,}054-0{,}211}{20-4} = \frac{0.843}{16} = 0{,}0526\ kg/mA \qquad (3.3)$$

Untuk fungsi dari silinder pneumatic valve memiliki persamaan yang sudah dijabarkan pada point 2.19, dimana diameter pada diagfragma 15,12 inch = 0,38405 m yang aktual dan desain. Massa stroke sebesar 1 kg dan tekanan pada port 5 kg, dari persamaan tersebut karena aktuator berbentuk membran sehingga untuk luas penampangnya:

$$A = \frac{1}{4}\pi D^2 = \frac{1}{4} \times 3{,}14 \times (0{,}38405)^2 = 0{,}1157831 \qquad (3.4)$$

Jika digabungkan kedalam persamaan, tekanan *control valve* memiliki gain dari perintah elektrik ke pneumatic Fg = F_2/G_p dengan asumsi bahwa penguatan yang terjadi pada positioner mengikuti perubahan demand dengan fungsi waktu terhadap perubahan yang diukur transmitter sehingga nilai gain Fg:

$$Fg = \frac{F_2}{G_p} = \frac{5}{0{,}0526} = 95.057 \qquad (3.5)$$

UNIVERSITAS MERCU BUANA

Hasil persamaan fungsi control valve setelah diinput dengan parameter yang ada dilapangan menjadi seperti berikut:

$$\frac{X(s)}{P(s)} = \frac{A}{Ms^2+F_g s} = \frac{0{,}1158}{s^2+95{,}057s} \tag{3.6}$$

Ketika output diumpankan kembali ke titik penjumlahan untuk dibandingkan dengan input, itu mengubah bentuk sinyal output ke sinyal input (Ogata, 1997). Karena positioner memiliki feedback didalam modulnya yang berupa rotari potensio dengan *linkage* terhubung dengan *control vavlve* sehingga persamaannya menjadi:

$$\frac{C(s)}{R(s)} = \frac{G(s)}{1+G(s)}$$

$$\frac{C(s)}{R(s)} = \frac{X(s)}{P(s)} = \frac{\dfrac{A}{Ms^2+F_g s}}{1+\dfrac{A}{Ms^2+F_g s}}$$

$$\frac{X(p)}{P(s)} = \frac{\dfrac{0{,}1158}{s^2+95{,}057s}}{1+\dfrac{0{,}1158}{s^2+95{,}057s}}$$

$$\frac{X(p)}{P(s)} = \frac{\dfrac{0{,}1158}{s^2+95{,}057s}}{\dfrac{s^2+95{,}057s}{s^2+95{,}057s}+\dfrac{0{,}1158}{s^2+95{,}057s}}$$

$$\frac{X(p)}{P(s)} = \frac{\dfrac{0{,}1158}{s^2+95{,}057s}}{\dfrac{s^2+95{,}057s+0{,}1158}{s^2+95{,}057s}}$$

$$\frac{X(p)}{P(s)} = \frac{0{,}1158}{s^2+95{,}057s} \times \frac{s^2+95{,}057s}{s^2+95{,}057s+0{,}1158}$$

$$\frac{X(p)}{P(s)} = \frac{0{,}1158}{s^2+95{,}057s+0{,}1158}$$

Sehingga fungsi control valve dengan feedback dari potensio meter sebagai feedbacknya tanpa beban sistem open loop menjadi:

$$\frac{X(p)}{P(s)} = \frac{0{,}1158}{s^2+95{,}057s+0{,}1158} \tag{3.7}$$

UNIVERSITAS MERCU BUANA

3.5.3 Permodelan Sistem

Permodelan sistem menjelaskan proses yang terjadi pada plant dimana digunakan agar kontrol bersimulasi sesuai dengan proses aktual. Meskipun dengan pendekatan karena menggunakan data yang ada pada *plant* diharapkan hasil mendekati fungsi aslinya. Dari pengumpulan data yang sudah dilakukan diperoleh hasil, untuk massa jenis air pada temperatur 141 ^{o}C, diperoleh 925 kg/m^3, laju *boiler feed water* 2,5 m/s (Sumber: engineeringtoolbox.com), tekanan *inlet control valve* terukur 200 kg/cm^2 = 0,02 kg/m^2, tinggi pipa *inlet control valve* dari sumber jalur air 2,04 m dan tinggi pipa *outlet control valve* ke arah jalur *spray* 2,35 m . Laju keluaran setelah control valve seperti berikut.

Diketahui spesifikasi valve untuk flow 28,52 gal/min, diameter pipa 1 inch sehingga:

$$v = 0{,}4084 \times \frac{q_{gpm}}{{d_{in}}^2} = 0{,}4084 \times \frac{28{,}52}{1^2} = 11{,}647\ ft/s \qquad (3.8)$$

Diubah ke dalam satuan SI, sehingga 11,647 ft/s = 3,55 m/s, nilai-nilai yang sudah diperoleh dimasukkan ke dalam persamaan 2.6 sebagai berikut.

Pada tabel sistem satuan mekanika, $F = \frac{mdV}{g_c dt}$ nilai $g_c \equiv 1$ tercantum dalam Mesin Konversi Energi (Astu Pudjanarsa & Djati Nursuhud, 2012).

$$\frac{P_1}{\rho} + \frac{{\bar{V}_1}^2}{2g_c} + \frac{g}{g_c} z_1 = \frac{P_2}{\rho} + \frac{{\bar{V}_2}^2}{2g_c} + \frac{g}{g_c} z_2$$

Persamaan diatas dicari menggunakan aplikasi Matlab, karena yang ditentukan nilai tekanan pada keluaran (P_2) sehingga:

$$P_2 = \rho\left(\frac{P_1}{\rho} + \frac{{\bar{V}_1}^2}{2g_c} - \frac{{\bar{V}_2}^2}{2g_c} + \frac{gz_1}{g_c} - \frac{gz_2}{g_c}\right) \qquad (3.9)$$

Bentuk laplace dari persamaan 3.9 sebagai berikut:

$$\frac{\rho{\bar{V}_1}^2 - \rho{\bar{V}_2}^2 + 2gcP_1 - 2g\rho z_2 + g\rho}{2gc \times s + gc \times s^2} \qquad (3.10)$$

Jika persamaan diatas disubtitusikan dengan parameter-parameter yang sudah dicari yang dibandingkan dengan fungsi waktu, sehingga menjadi seperti berikut:

$$\frac{(925 \times (2{,}5)^2) - (925 \times (3{,}55)^2 + (2 \times 1 \times 0{,}02) - (2 \times 9{,}8 \times 2{,}35) + (9{,}8 \times 925))}{(1)s^2 + (2 \times 1)s}$$

$$\frac{(925 \times (2{,}5)^2) - (925 \times (3{,}55)^2 + (2 \times 1 \times 0{,}02) - (2 \times 9{,}8 \times 2{,}35) + (9{,}8 \times 925))}{(1)s^2 + (2 \times 1)s}$$

UNIVERSITAS MERCU BUANA

$$\frac{5781{,}25 - 11657{,}3125 + 0{,}04 - 46{,}06 + 9065)}{s^2 + 2s}$$

$$\frac{3142{,}9175}{s^2 + 2s}$$

Karena sistem pada *pressure control valve auxiliary steam spray* dicoba secara mandiri tanpa beban sistem open loop sehingga persamaan diatas menjadi:

$$\frac{C(s)}{R(s)} = \frac{G(s)}{1 + G(s)}$$

$$\frac{C(s)}{R(s)} = \frac{\frac{3142{,}9175}{s^2 + 2s}}{1 + \frac{3142{,}9175}{s^2 + 2s}}$$

$$\frac{C(s)}{R(s)} = \frac{\frac{3142{,}9175}{s^2 + 2s}}{\frac{s^2 + 2s}{s^2 + 2s} + \frac{3142{,}9175}{s^2 + 2s}}$$

$$\frac{C(s)}{R(s)} = \frac{\frac{3142{,}9175}{s^2 + 2s}}{\frac{s^2 + 2s + 3142{,}9175}{s^2 + 2s}}$$

$$\frac{C(s)}{R(s)} = \frac{3142{,}9175}{s^2 + 2s} \times \frac{s^2 + 2s}{s^2 + 2s + 3142{,}9175}$$

$$\frac{C(s)}{R(s)} = \frac{3142{,}9175}{s^2 + 2s + 3142{,}9175}$$

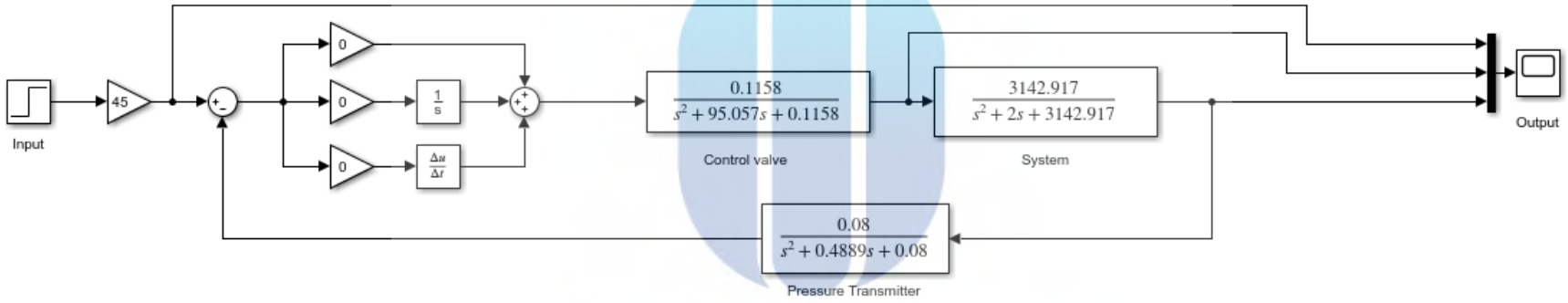
Sehingga fungsi sistem dengan sistem open loop tanpa beban/bebas lainnya diperoleh hasil sebagai berikut:

$$\frac{C(s)}{R(s)} = \frac{3142{,}9175}{s^2 + 2s + 3142{,}9175} \tag{3.11}$$

UNIVERSITAS MERCU BUANA

3.6 Diagram Blok Pengendalian Auxiliary Steam Spray Water Pressure Suralaya #4

Untuk menganalisa lebih lanjut maka semua fungsi alih dari komponen utama sistem kontrol *auxiliary steam spray water pressure Suralaya #4* disubtitusikan ke diagram blok dengan mengunakan *software* Matlab®, sehingga menjadi seperti berikut:



Gambar 3.4 Diagram Blok kendali feedback pada Sistem Pengendalian Auxiliary Steam Spray Water Pressure Suralaya #4

UNIVERSITAS MERCU BUANA