

Studi Awal Sistem Akuisisi Data Tebal Cairan Aliran Dua Fase Air-udara pada Pipa Horizontal Menggunakan *Parallel Wire*

Muhammad Arman^a, Apip Badarudin^b

^aJurusan Teknik Refrigerasi dan Tata Udara, Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40012
akangarman@polban.ac.id

^bJurusan Teknik Refrigerasi dan Tata Udara, Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40012
apipbdr@polban.ac.id

ABSTRAK

Pola aliran dua fase di dalam pipa dapat diketahui dengan mengukur tebal cairan yang berubah-ubah sesuai dengan kondisi aliran di dalamnya. Untuk dapat mempelajari pola aliran tersebut diperlukan sebuah sistem akuisisi data yang dapat merekam tebal cairan pada berbagai kondisi aliran. Studi ini dilakukan untuk mendapatkan gambaran awal pada desain sistem akuisisi data tebal cairan terutama pada output sistem pengkondisi sinyal. Sensor *parallel wire* mempunyai karakteristik resistansi non-linier dihubungkan dan direkayasa menggunakan rangkaian jembatan *Wheatstone*. Dengan rangkaian pengkondisi sinyal tersebut diharapkan mendapatkan sinyal output yang sesuai standar sistem akuisisi data. Desain sistem pengkondisi sinyal disimulasikan menggunakan perangkat lunak Proteus versi 8. Dari hasil simulasi dihasilkan sistem pengkondisi sinyal yang diinginkan dimana dengan memberikan catu daya sebesar 12 volt didapatkan output maksimum 3,93 volt untuk tebal cairan 25,4 mm

Kunci: *Parallel Wire*, akuisisi data, tebal cairan, dua fase

1. LATAR BELAKANG

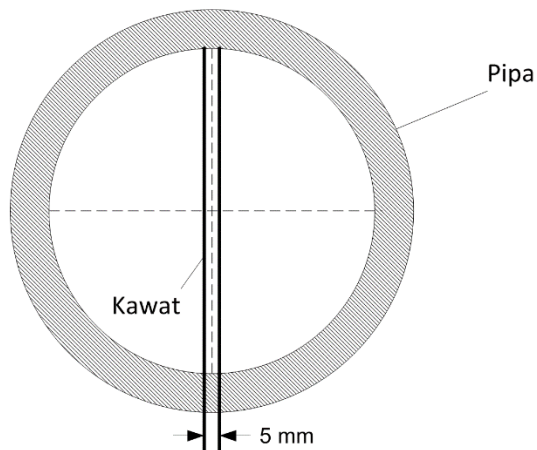
Aliran dua fasa gas-cair sering diketemukan di dalam pipa di dalam pipa horizontal pada aplikasi praktis seperti reaktor nuklir, pipa-pipa gas dan minyak, dan peralatan refrigerasi [1][2][3]. Aliran tersebut mempunyai bentuk yang kompleks karena lapisan batas antara cairan dan gas terdiri beragam konfigurasi geometri serta berubah terhadap waktu.

Dengan mengetahui tebal cairan, akan dapat mengamati pola aliran cairan di dalam pipa. Pengamatan tinggi cairan dapat dilakukan dengan berbagai cara, menggunakan *image processing* dan *liquid holdup* [4][5][6]. Pada penelitian ini pengukuran dilakukan dengan metode konduktansi dua kawat parallel. Metode ini memanfaatkan nilai resistansi dari cairan yang merendam kawat. Semakin tebal cairan, harga resistansi semakin kecil. Jarak antar kawat juga mempengaruhi harga resistansi cairan. Semakin dekat jarak antar kawat, resistansi semakin kecil.

Penelitian ini menggunakan kawat tembaga diameter 1 mm, jarak antar kawat 5 mm, diameter dalam pipa 25.4 mm. Dengan merekayasa sistem pengkondisi sinyal, sensor tebal cairan yang dipasangkan pada sistem tersebut sedemikian rupa akan memberikan sinyal output berupa tegangan 0-5 volt. Selanjutnya sinyal tegangan dilewatkan konverter analog-digital untuk diolah menggunakan perangkat komputer.

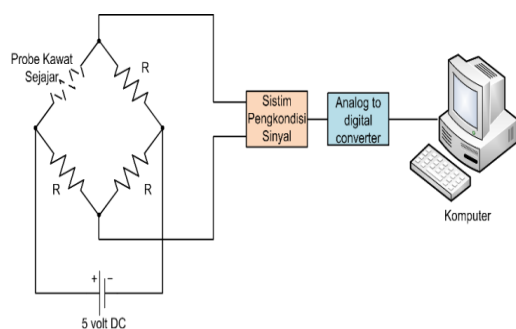
2. PENGUKURAN TEBAL FILM DENGAN *PROBE* DAN KAWAT PARALEL

Untuk pengukuran tebal film pada penelitian ini disiapkan *probe* kawat-paralel (*parallel-wire probe*) sebagaimana terlihat pada Gambar 1. Prinsip kerja dari *probe* kawat-paralel mempunyai kemiripan dengan *probe* konduktansi yaitu dengan memasang dua buah elektrode logam pada dinding dalam pipa. Jika kedua elektrode tersebut tercelup cairan konduktif, keduanya akan terhubung secara elektrik. Semakin tebal cairan, semakin besar konduktansi [7][8].



Gambar 1. Sensor *Parallel-wire Probe*

Probe kawat paralel dihubungkan dengan rangkaian jembatan *Wheatstone* seperti terlihat pada Gambar 2. Konfigurasi resistor yang tersebut dicatu oleh sebuah tegangan konstan sebesar 5 volt. Bila nilai resistansi masing-masing komponen (termasuk probe kawat sejajar) mempunyai nilai yang sama, maka tegangan yang dikeluarkan oleh rangkaian sama dengan nol. Ketika probe kawat sejajar tercelup cairan, maka nilai resistansi yang berbanding terbalik dengan nilai konduktansi akan mengubah keseimbangan konfigurasi jembatan *Wheatstone* sehingga menyebabkan rangkaian akan mengeluarkan sinyal tegangan yang sebanding dengan nilai konduktansi probe kawat paralel. Sinyal tegangan akan dikondisikan oleh *amplifier* agar sesuai dengan masukan konverter analog-digital yang selanjutnya akan direkam dalam komputer.

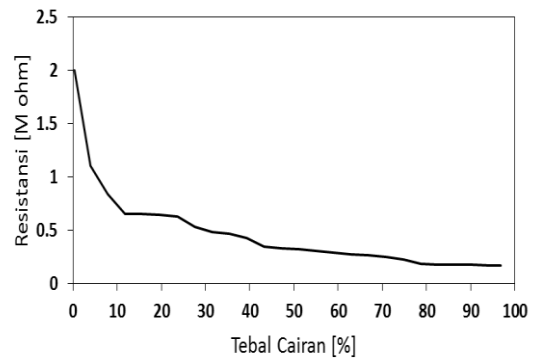


Gambar 2. Blok diagram pengukuran tebal film

3. KALIBRASI SENSOR KAWAT SEJAJAR

Gambar 3 merupakan hasil pengukuran tebal cairan dengan sensor kawat sejajar (*parallel wire*). Pengukuran dilakukan dengan menenggelamkan kawat sejajar yang ada di dalam pipa secara

bertahap diawali dengan lapisan air sangat tipis sampai penampang pipa terenuhi seluruhnya oleh air. Pada pengukuran tersebut ketebalan air dapat diketahui dengan pasti. Tebal cairan 100% sebanding dengan diameter pipa 25,4 mm. Selanjutnya, resistansi keluaran pasangan kawat sejajar diukur untuk tiap ketebalan lapisan air.

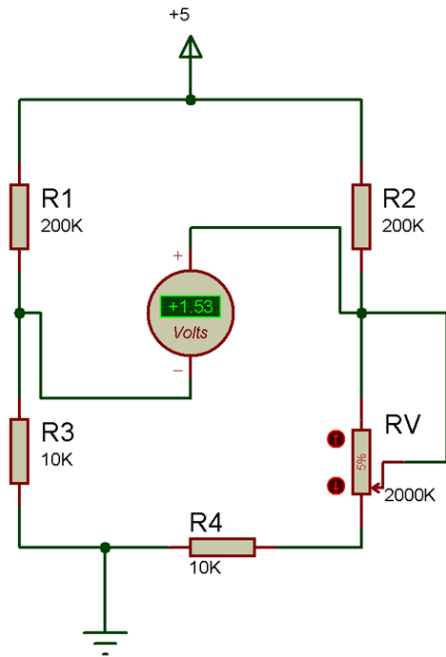


Gambar 3: Nilai resistansi sensor kawat sejajar (*parallel-wire*) terhadap tebal cairan

4. HASIL DAN DISKUSI

Gambar 3 menunjukkan kurva resistansi sensor kawat sejajar tidak linier terhadap tebal cairan. Nilai resistansi maksimum adalah 2000K ohm. Untuk tebal cairan di bawah 10% kemiringan kurva sangat curam. Hal ini menunjukkan bahwa dengan adanya perubahan tebal cairan cukup kecil, maka perubahan nilai resistansi sangat besar. Dengan kata lain bahwa sensor pasangan kawat sejajar sensitif pada pengukuran tebal cairan di bawah 10%. Untuk tebal cairan di antara 10% sampai 80 % kurva menunjukkan relatif linier. Perubahan tebal cairan dapat memberikan yang sebanding dengan nilai resistansinya. Untuk tebal cairan di atas 80% kemiringan kurva mendekati horizontal. Hal ini menunjukkan sensor tersebut kurang sensitif untuk pengukuran tebal cairan di atas 80%.

Dari hasil kalibrasi sensor, selanjutnya dirancang rangkaian sistim pengkondisi sinyal yang berupa rangkaian jembatan *Wheatstone* seperti ditunjukkan pada Gambar 4. Rangkaian terdiri resistor R1, R2, R3, R4 dan RV1 sebagai pengganti sensor kawat sejajar. Pada rangkaian tersebut pada awalnya diberikan sumber tegangan DC 5 volt. Selanjutnya rangkaian disimulasikan menggunakan perangkat lunak Proteus versi 8.



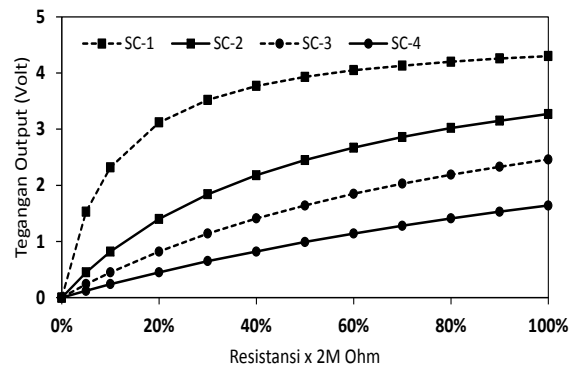
Gambar 4. Rangkaian sistim pengkondisi sinyal SC-1

Tabel 1: Resistor rangkaian pengkondisi sinyal

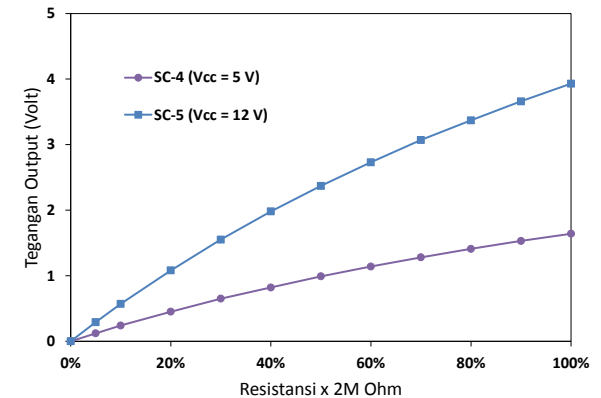
Rangkaian Pengkondisi Sinyal	R1 (K Ohm)	R2 (K Ohm)	R3 (K Ohm)	R4 (K Ohm)	RV (K Ohm)
SC-1	200	200	10	10	2000
SC-2	1000	1000	10	10	2000
SC-3	2000	2000	10	10	2000
SC-4	4000	4000	10	10	2000

Simulasi dilakukan dengan menaikkan secara bertahap nilai resistor variabel (RV) mulai dari 0% sampai 100%. Nilai tersebut bersesuaian dengan nilai resistansi 0 Ohm sampai 2 M Ohm. Selanjutnya nilai resistor R1 dan R2 diubah hingga dua kali nilai maksimum RV (SC-4) seperti ditunjukkan pada Tabel 1. Pada simulasi tersebut, seluruh rangkaian dicatu menggunakan sumber tegangan DC 5 volt.

Dari hasil simulasi menggunakan perangkat lunak Proteus, didapatkan hasil seperti pada gambar Gambar 5. Kurva rangkaian SC-1 untuk resistansi di bawah 40% menunjukkan kemiringan yang cukup curam yang berarti sensitivitas cukup tinggi namun tidak linier. Dengan memperbesar nilai R1 dan R2, akan mendapatkan kurva semakin linier. SC-4 menunjukkan mendekati garis linier namun tegangan output maksimum sebesar 1,64 volt yang dihasilkan kurang memenuhi standar sistem akuisisi data.



Gambar 5. Tegangan output Pengkondisi Sinyal (SC) terhadap Resistansi Sensor



Gambar 6. Sistim pengkondisi sinyal menggunakan Vcc sebesar 5 volt dan 12 volt

Gambar 6 menunjukkan kurva yang dihasilkan dengan memperbesar tegangan Vcc menjadi 12 volt, terlihat lebih curam sehingga tegangan output maksimum sebesar 3,93 volt. Dengan demikian rentang tegangan output menjadi lebih besar dan lebih memenuhi standar sistem akuisisi data.

Tabel 2: Sumber tegangan rangkaian pengkondisi sinyal

Rangkaian Pengkondisi Sinyal	R1 (K Ohm)	R2 (K Ohm)	R3 (K Ohm)	R4 (K Ohm)	RV (K Ohm)	Vcc (DC volt)
SC-4	4000	4000	10	10	2000	5
SC-5	4000	4000	10	10	2000	12

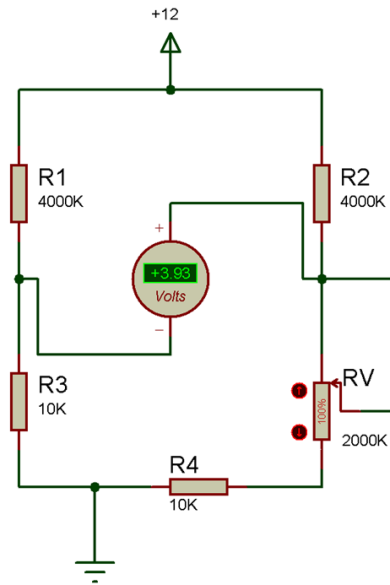


Figure 7: Rangkaian sistim pengkondisi sinyal SC-5

5. KESIMPULAN

Dari hasil pembahasan didapatkan bahwa sensor *parallel wire* yang mempunyai karakteristik resistansi non-linier dapat dikompensasi menggunakan rangkaian jembatan *Wheatstone*. Dari hasil simulasi diperoleh desain sistem pengkondisi sinyal dengan output yang sesuai standar sistem akuisisi data. Dengan memberikan catu daya sebesar 12 volt didapatkan output maksimum 3,93 volt untuk tebal cairan 25,4 mm.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Al Issa and R. Macian, "A review of CCFL phenomenon," *Ann. Nucl. Energy*, vol. 38, no. 9, pp. 1795–1819, 2011.
- [2] A. Navarro, "Study of countercurrent flow limitation in a horizontal pipe connected to an inclined one," *Nucl. Eng. Des.*, vol. 235, pp. 1139–1148, 2005.
- [3] S. M. Ghiaasiaan, X. Wu, D. L. Sadowski, and S. I. Abdel-Khalik, "Hydrodynamic Characteristics of Counter-current Two-phase Flow in Vertical and Inclined Channels: Effects of Liquid Properties," *Int. J. Multiph. Flow*, vol. 23, no. 6, pp. 1063–1083, 1997.
- [4] C. Vallée, M. Beyer, D. Lucas, H. Carl, C. Vallée, Deendarlianto, M. Beyer, D. Lucas, and H. Carl, "Air/Water Counter-Current Flow Experiments in a Model of the Hot Leg of a Pressurized Water," *J. Eng. Gas Turbines Power*, vol. 131, no. March, pp. 1–8, 2009.
- [5] Deendarlianto, C. Vallée, D. Lucas, M.

Beyer, H. Pietruske, and H. Carl, "Erratum to 'Experimental study on the air/water counter-current flow limitation in a model of the hot leg of a pressurized water reactor,'" *Nucl. Eng. Des.*, vol. 241, no. 8, pp. 3359–3372, 2011.

- [6] G. A. Montoya, Deendarlianto, D. Lucas, H. Thomas, and C. Vallée, "Image-Processing-Based Study of the Interfacial Behavior of the Countercurrent Gas-Liquid Two-Phase Flow in a Hot Leg of a PWR," *Sci. Technol. Nucl. Install.*, vol. 2012, 2012.
- [7] J. E. Koskie, I. Mudawar, and W. G. Tiederman, "Parallel-Wire Probes for Measurement of Thick Liquid Film," *Int. J. Multiph. Flow*, vol. 15, pp. 521–530, 1989.
- [8] G. Geraci, B. J. Azzopardi, and H. R. E. Van Maanen, "Effect of inclination on circumferential film thickness variation in annular gas / liquid flow," *Chem. Eng. Sci.*, vol. 62, pp. 3032–3042, 2007.