

Deteksi Ketinggian Permukaan Air Menggunakan Dua Kanal Keluaran *Fiber Coupler*

Samian, Supadi, Putut Giri Tulus W.
Program Studi Fisika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Airlangga
Email : samian@fst.unair.ac.id

Abstrak

Ketinggian permukaan air dapat dideteksi menggunakan dua kanal keluaran *fiber coupler*. Mekanisme deteksi menggunakan prinsip tekanan hidrostatik pada membran sehingga menyebabkan pergeseran reflektor yang merekat pada membran. Perubahan daya optik terjadi pada cahaya pantulan dari reflektor yang diterima kanal keluaran *fiber coupler*. Dua buah sensor yang terdiri dari pasangan perangkat pergeseran reflektor (sistem membran-reflektor) dan kanal keluaran *fiber coupler* yang diletakkan pada ketinggian berbeda. Kedua sensor mendeteksi ketinggian permukaan air secara bergantian pada daerah kerjanya masing-masing dan secara bersama-sama pada daerah kerja yang saling bersinggungan. Hasil eksperimen untuk proses pengosongan dan pengisian tangki air (histerisis) menunjukkan hasil yang berbeda. Karakteristik sensor yang dihasilkan antara lain jangkauan, rentang daerah linier, sensitivitas, dan resolusi masing-masing sebesar 120 cm, 20 – 105 cm, 1,0 mV/cm, dan 0,6 cm untuk proses pengisian dan 120 cm, 5 – 100 cm, 0,8 mV/cm, dan 0,8 cm untuk proses pengosongan.

Kata kunci : tekanan hidrostatik, kanal keluaran fiber coupler, perangkat pergeseran reflektor.

I. Pendahuluan

Sistem deteksi ketinggian zat cair telah banyak dikembangkan. Metode yang digunakan antara lain mekanis, elektrik, elektro-mekanis, ultrasonik serta metode optik. Metode optik dikembangkan berbasis pada modulasi panjang gelombang dan modulasi intensitas cahaya. Penggunaan *fiber bragg grating* (FBG) yang terhubung dengan pelampung merupakan salah satu contoh metode optik berbasis modulasi panjang gelombang (Kyung-Rak S. *et. al.*, 2009). Sistem deteksi berbasis modulasi intensitas diterapkan melalui pengamatan perubahan

intensitas cahaya pantulan dari *probe* dari bahan transparan (Pekka R. *et. al.*, 1997) serta serat optik plastik yang dipoles bagian selubungnya (Lomer *et. al.*, 2007). Kontak langsung terjadi antara *probe* maupun serat optik yang dipoles dengan zat cair yang diamati ketinggiannya.

Penggunaan satu kanal keluaran *fiber coupler* bersama perangkat pergeseran reflektor atau PPR (sistem reflektor-membran) telah dikembangkan untuk mendeteksi ketinggian air (Samian dan Supadi, 2011) dan bensin (Samian *et. al.*, 2014). Mekanisme deteksi tersebut berbasis modulasi intensitas dengan

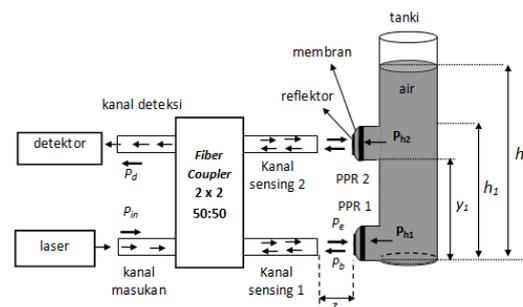
memanfaatkan prinsip tekanan hidrostatik. Perubahan ketinggian zat cair akan menyebabkan perubahan tekanan hidrostatik pada PPR yang berada di dasar tangki air. Karena reflektor pada PPR merekat pada membran yang kontak langsung dengan zat cair, maka reflektor mengalami pergeseran. Intensitas cahaya pantulan dari reflektor akan mengalami perubahan ketika masuk ke salah satu kanal keluaran *fiber coupler*. Dengan demikian perubahan ketinggian zat cair teramati melalui perubahan intensitas cahaya.

Pengembangan selanjutnya dari sistem *fiber coupler*-PPR untuk mendeteksi ketinggian air akan ditekankan pada artikel ini. Pengembangan yang dilakukan adalah dengan memanfaatkan kedua kanal *fiber coupler* bersama dengan dua buah PPR sebagai dua buah *probe* yang bekerja secara bersama-sama maupun bergantian untuk mendeteksi ketinggian air. Dengan metode ini, daerah kerja sensor ketinggian air menggunakan dua buah kanal keluaran *fiber coupler* dapat ditingkatkan.

II. Mekanisme kerja sensor

Sensor ketinggian air dirancang bangun dari dua komponen utama yaitu *fiber coupler* dan perangkat pergeseran reflektor (PPR). PPR merupakan perangkat yang mentransformasi tekanan air menjadi

gerak translasi reflektor. Reflektor direkatkan pada membran yang berfungsi seperti pegas ketika menerima tekanan air. Dengan demikian pergeseran reflektor terjadi ketika tekanan air berubah. Desain sensor secara lengkap diperlihatkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Desain sensor ketinggian zat cair menggunakan satu kanal keluaran *fiber coupler*

Berdasarkan Gambar 1, kedua kanal keluaran *fiber coupler* difungsikan untuk mendeteksi perubahan intensitas cahaya pantulan dari kedua PPR. Kanal keluaran pertama *fiber coupler* yang disebut sebagai kanal sensing 1 berpasangan dengan PPR 1 yang selanjutnya disebut sebagai *probe* 1. Sedangkan kanal keluaran kedua *fiber coupler* (kanal sensing 2) dipasangkan dengan PPR 2 dan disebut sebagai *probe* 2. Konfigurasi sensor adalah *probe* 1 berada di dasar tangki air dan dibuat mendeteksi ketinggian air dari dasar tangki sampai setinggi h_1 . Langkah tersebut dilakukan dengan membuat posisi kanal sensing 1 berhimpit dengan reflektor ($z = 0$) ketika air mencapai ketinggian h_1 . *Probe* 2 diletakkan setinggi y_1 dan

mendeteksi ketinggian air dari posisi y_1 sampai ketinggian air yang diinginkan (lebih tinggi dari h_1).

Mekanisme deteksi ketinggian air oleh sensor adalah sebagai berikut: perubahan ketinggian air sampai ketinggian h_1 akan menyebabkan pergeseran reflektor pada *probe* 1. Sebagai akibatnya, perubahan daya optis cahaya yang diterima oleh kanal sensing 1 akan mengalami perubahan. Demikian pula jika ketinggian air berubah pada rentang ketinggian y_1 sampai ketinggian maksimal yang diinginkan, maka daya optis cahaya yang diterima oleh kanal sensing 2 pada *probe* 2 juga mengalami perubahan. Jika posisi *probe* 2 (y_1) lebih kecil dari h_1 , maka pada daerah ketinggian air (h) $y_1 \leq h \leq h_1$, deteksi dilakukan secara serentak oleh *probe* 1 dan *probe* 2 dan hasil deteksi (perubahan daya optis cahaya) akan dijumlah melalui kanal deteksi. Perubahan daya optis cahaya baik oleh *probe* 1 maupun *probe* 2 akan dikonversi oleh detektor menjadi tegangan keluaran detektor. Dengan demikian ketinggian air akan terdeteksi melalui tegangan keluaran detektor.

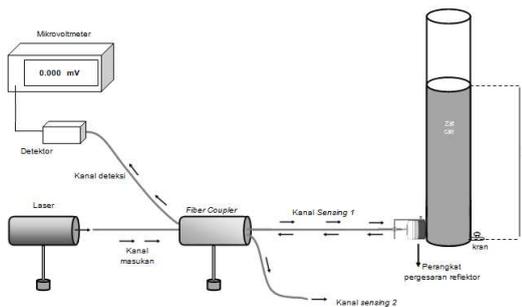
III. Eksperimen

Eksperimen dilakukan menggunakan peralatan yang terdiri dari laser diode (650 nm) dengan daya keluaran 30 mW, *silicon photodetector* (Newport),

mikrovoltmeter (Leybold), tangki air dari bahan gelas berdiameter 6 cm dengan tinggi 200 cm yang dilengkapi dengan skala (skala terkecil 1 cm) dan keran pembuangan, *multimode fiber coupler* struktur 2 x 2 (diameter 1 mm, panjang 1 m, *split ratio* 50/50, *insertion loss* 3.7 – 5.6 dB, dan *excess loss* 1.6 dB), dua buah PPR, dan klem. PPR yang terdiri dari reflektor dari bahan aluminium (diameter 10 mm dan tebal 0,20 mm) yang merekat pada membran dari bahan *nitrile polymer* dan holder membran berbentuk silinder (tebal 80 μ m dan berdiameter 14,6 mm).

Tahap pertama eksperimen adalah melakukan karakterisasi PPR untuk mengetahui karakteristik masing-masing PPR yang digunakan. Susunan alat karakterisasi PPR diperlihatkan pada Gambar 2. Prosedur karakterisasi PPR yang pertama adalah mengaktifkan seluruh perangkat yang membutuhkan catu daya. Setelah PPR A sebagai bahan uji ditempatkan didasar tangki, maka tangki diisi air sampai setinggi 120 cm (batas membran tidak mengalami deformasi plastis). Selanjutnya menenpatkan kanal sensing 1 dibuat berhimpit dengan reflektor PPR A. Langkah selanjutnya adalah mencatat tegangan keluaran detektor setiap air diturunkan 1 cm sampai tangki kosong Untuk proses pengisian tangki. Untuk proses pengosongan tangki,

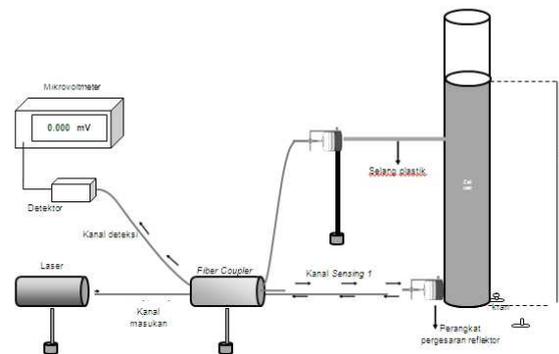
pencatatan tegangan keluaran dilakukan setiap air dalam tangki naik setinggi 1 cm. Pengisian air dilakukan menggunakan pompa dengan aliran air dalam tangki naik secara perlahan. Langkah tersebut diulang untuk PPR B.



Gambar 2. Set-up alat karakterisasi PPR.

Tahap kedua adalah merancang bangun sensor ketinggian air menggunakan dua buah *probe*. Rancang bangun didasarkan pada data-data yang diperoleh dari proses karakterisasi PPR A dan PPR B. *Probe 1* dibangun dengan memasang kanal sensing 1 berhadapan dengan reflektor PPR A dan ditempatkan di dasar tangki. *Probe 2* dibangun dengan memasang kanal sensing 2 dengan PPR B. *Probe 2* diletakkan setinggi 70 cm di atas *probe*. Ketinggian tersebut dipilih dengan memperhatikan data karakteristik PPR A dan PPR B. Demikian pula dengan batas deteksi ketinggian air oleh *probe 1* dapat diatur. Dengan demikian *probe 1* dan *probe 2* dapat bekerja secara bergantian dan bersama-sama bergantung wilayah ketinggian air yang dikehendaki. Untuk mengkarakterisasi sensor ketinggian

air menggunakan dua kanal keluaran *fiber couple* (dua *probe*) susunan peralatan yang digunakan diperlihatkan pada Gambar 3. Proses karakterisasi dilakukan dengan mencatat tegangan keluaran detektor ketika ketinggian air diturunkan setiap 1 cm. Hal yang sama dilakukan yaitu mencatat tegangan keluaran detektor ketika air diisi ke dalam tangki untuk proses pengisian. Pencatatan dilakukan ketika kenaikan air bertambah setiap 1 cm.



Gambar 3. Diagram skematik peralatan proses karakterisasi sensor ketinggian air menggunakan

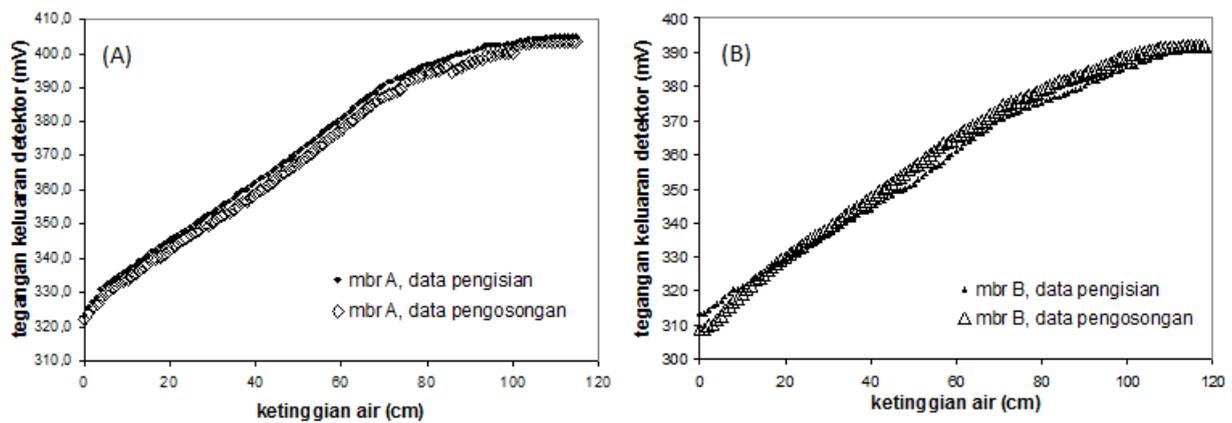
Pada tahap terakhir dilakukan pengambilan data untuk uji stabilitas sensor. Uji stabilitas dilakukan untuk mendapat resolusi sensor. Uji stabilitas sensor dilakukan dengan mencatat tegangan keluaran pada saat ketinggian zat cair mencapai 120 cm, 60 cm dan 0 cm. Untuk masing-masing ketinggian dilakukan pencatatan keluaran detektor dalam periode 30 detik selama 900 detik. Dari uji stabilitas sensor akan diperoleh nilai standart deviasi pengukuran. Nilai resolusi sensor dihitung dengan cara membagi nilai standart deviasi dengan

nilai sensitivitas sensor hasil dari proses karakterisasi sensor ketinggian air menggunakan dua probe.

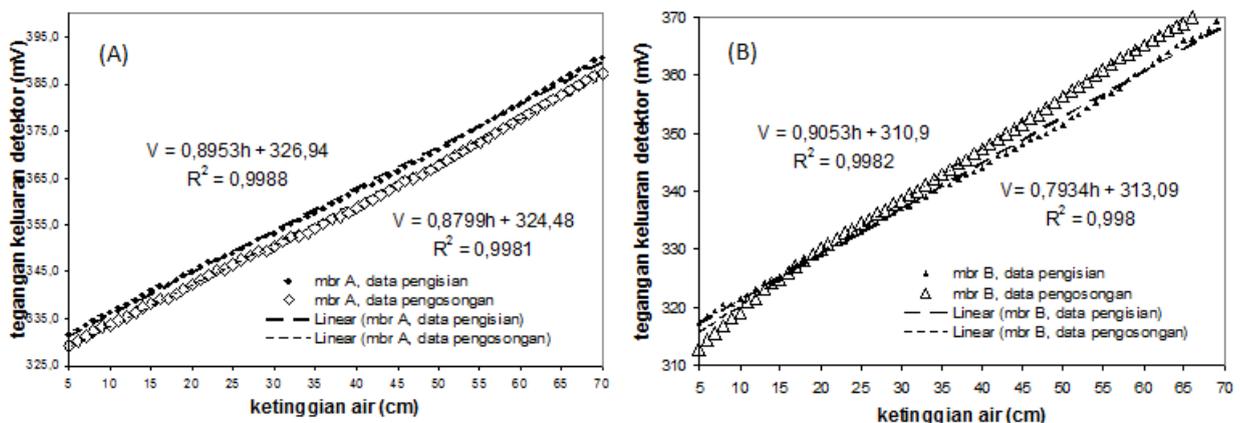
IV. Hasil dan Pembahasan

Hasil karakterisasi PPR A dan PPR B berupa hubungan antara tegangan keluaran terhadap ketinggian air. Grafik histerisis proses pengisian dan pengosongan tangki untuk PPR A maupun PPR B diperlihatkan oleh grafik pada Gambar 4.

Dalam Gambar 4 tampak bahwa hasil deteksi ketinggian untuk proses pengisian tidak sama dengan proses pengosongan tangki, baik untuk PPR A maupun PPR B. Sifat tersebut analog dengan sifat elastisitas pegas maupun fenomena-fenomena alam lainnya. Untuk daerah linier hubungan antara tegangan keluaran detektor data PPR A dan PPR B diperlihatkan pada Gambar 5.



Gambar 4. Grafik histerisis proses pengisian dan pengosongan tangki (A) untuk PPR A dan (B) untuk PPR B.



Gambar 5. Grafik hubungan linier antara tegangan keluaran detektor terhadap ketinggian air pada proses pengisian dan pengosongan tangki (A) untuk PPR A dan (B) untuk PPR B.

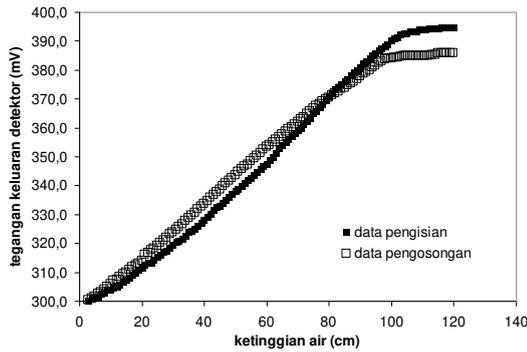
Daerah linier grafik pada Gambar 5 adalah daerah kerja sensor jika hanya menggunakan satu *probe* saja. *Slope* atau kemiringan grafik pada Gambar 5 merupakan sensitivitas sensor. Dari data-data yang diperlihatkan melalui Gambar 4 dan Gambar 5, Karakteristik PPR A dan PPR B sebagai sensor ketinggian air menggunakan satu *probe* diperlihatkan melalui Tabel 1. Nilai sensitivitas merupakan nilai yang penting dalam merancang bangun sensor ketinggian air menggunakan dua kanal keluaran *fiber coupler* (dua *probe*). Nilai sensitivitas yang berdekatan merupakan faktor yang menentukan rentang daerah kerja sensor menggunakan dua *probe*.

Parameter sensor	Nilai untuk			
	Proses pengisian tangki		Proses pengosongan tangki	
	PPR A	PPR B	PPR A	PPR B
Jangkauan (cm)	120	120	120	120
Rentang daerah kerja (cm)	5 – 70	5 – 70	5 – 70	5 – 70
Sensitivitas (mV/cm)	0,90	0,90	0,88	0,80

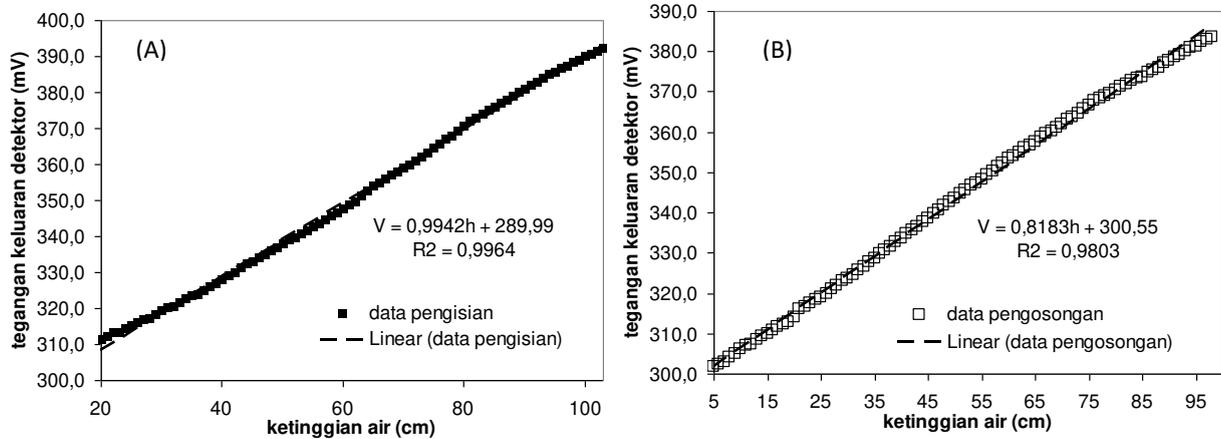
Tabel 1. Karakteristik PPR A dan PPR B sebagai sensor ketinggian air menggunakan 1 *probe*.

Setelah data karakteristik PPR A dan PPR B sebagai sensor menggunakan satu *probe*, maka data tersebut digunakan untuk merancang bangun sensor ketinggian air menggunakan dua *probe*.

PPR A bersama dengan kanal sensing 1 merupakan komponen penyusun *probe* 1 yang berada di dasar tangki. PPR B bersama kanal sensing 2 dijadikan *probe* 2 dan diletakkan setinggi 70 cm di atas *probe* 1. Dengan memperhatikan rentang daerah dibawah 5 cm untuk PPR B dan daerah di atas 70 cm untuk PPR A, maka *probe* 1 dibuat melakukan deteksi ketinggian air dari dasar tangki sampai setinggi 80 cm. Cara yang dilakukan adalah dengan menempatkan kanal sensing 1 berhimpit dengan reflektor PPR A ketika ketinggian air mencapai 80 cm. Saat berhimpit dengan reflektor, reflektor tidak akan bergeser meskipun ketinggian air bertambah. Untuk *probe* 2 akan melakukan deteksi ketinggian air mulai 70 cm sampai ketinggian 120 cm yang merupakan ketinggian maksimal yang dilakukan eksperimen (ketinggian maksimum bagi membran PPR A mengalami deformasi plastis). Sementara itu, untuk ketinggian air dari 70 cm sampai 80 cm akan dideteksi secara bersama-sama oleh *probe* 1 dan *probe* 2. Hasilnya akan dijumlahkan melalui daerah interkasi kopleng *fiber coupler*. Dengan konfigurasi dua *probe* tersebut, hasil deteksi ketinggian air diperlihatkan oleh Gambar 6 dan daerah liniernya diperlihatkan oleh Gambar 7.



Gambar 6. Grafik histerisis proses pengisian dan pengosongan tangki air hasil deteksi sensor menggunakan dua buah kanal keluaran *fiber coupler* (dua buah *probe*).



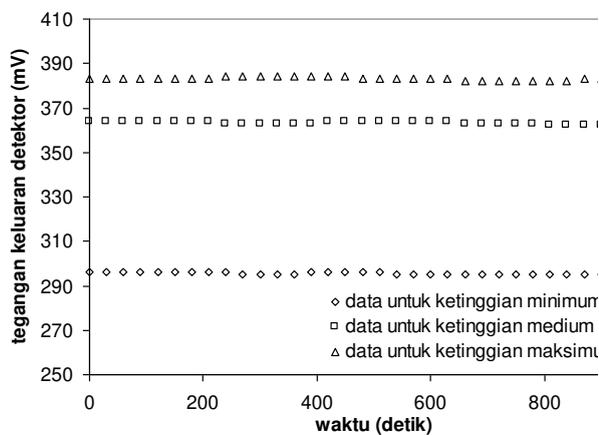
Gambar 7. Grafik linier data hasil deteksi sensor menggunakan dua buah kanal keluaran *fiber coupler* (A) untuk prosesn pengisian dan (B) untuk proses pengosongan.

Dari data pada Gambar 6, seperti hasil karakterisasi PPR, terlihat bahwa deteksi ketinggian air menggunakan dua *probe* hasilnya tidak sama antara pengisian dan pengosongan tangki oleh air. Semntara itu untuk daerah linier yang merupakan daerah kerja sensor, terjadi kenaikan dibanding sensor menggunakan sebuah *probe*. Meskipun kenaikan daerah kerja tidak menjadi dua kali seperti yang diperkirakan, namun penggunaan dua *probe* mampu meningkatkan kinerja sensor dalam mendeteksi ketinggian air.

Hasil uji stabilitas sensor merupakan data perubahan tegangan keluaran detektor setiap periode 25 detik selama 900 detik. Data tersebut diambil ketika ketinggian air berada pada posisi minimum (0 cm), medium (60 cm), dan maksimum (120 cm). Data hasil uji stabilitas sensor diperlihatkan pada Gambar 8. Nilai standart deviasi rata-rata

yang dihasilkan sebesar 0,6 mV, artinya tingkat kesalahan pembacaan oleh sensor sebesar 0,6 mV. Nilai standart deviasi tersebut digunakan untuk menentukan nilai resolusi dari sensor menggunakan dua buah *probe*. Nilai resolusi ditentukan dengan membagi nilai standart deviasi dengan nilai sensitivitas sensor. Nilai resolusi hasil perhitungan adalah 0,6 cm dan 0,8 cm masing-masing untuk proses pengisian dan pengosongan tangki. Dengan diperolehnya nilai resolusi sensor, karakteristik sensor ketinggian air

menggunakan dua buah *probe* diperlihatkan melalui Tabel 2.



Gambar 8. Grafik data hasil uji stabilitas sensor

Parameter sensor	Nilai untuk	
	Proses pengisian tangki	Proses pengosongan tangki
Jangkauan (cm)	120	120
Rentang daerah kerja (cm)	20 – 105	5 – 100
Sensitivitas (mV/cm)	1,0	0,8
Resolusi (cm)	0,6	0,8

Tabel 2. Karakteristik sensor ketinggian air menggunakan dua buah *probe*.

Karakteristik sensor ketinggian air menggunakan dua kanal keluaran *fiber coupler* seperti yang diperlihatkan pada Tabel 2 menunjukkan kinerja yang baik. Peningkatan kinerja terjadi dibanding sensor menggunakan satu kanal keluaran *fiber coupler*. Peningkatan kinerja tersebut

terjadi pada daerah kerja sensor yaitu 30,1 % untuk proses pengisian dan 46 % untuk proses pengosongan. Desain sensor yang

sederhana, pengoperasian dan interpretasi yang mudah memberikan prospek yang bagus bagi aplikasi sensor ketinggian air menggunakan dua kanal keluaran *fiber coupler* untuk diaplikasikan dibidang industri. Penggunaan lebih dari satu *fiber coupler* sebagai sensor sangat memungkinkan untuk mendeteksi ketinggian air yang lebih tinggi dari yang diperoleh saat ini.

V. Kesimpulan

Deteksi ketinggian air dapat dilakukan menggunakan dua kanal keluaran *fiber coupler* dengan hasil meningkatnya rentang daerah kerja sensor. Peningkatan daerah kerja sensor sebesar 30,1 % dan 46 % masing-masing untuk proses pengisian dan pengosongan tangki air. Hasil eksperimen juga memperlihatkan perbedaan nilai deteksi untuk proses pengisian dan pengosongan tangki air. Karakteristik sensor yang dihasilkan antara lain jangkauan, rentang daerah linier, sensitivitas, dan resolusi masing-masing sebesar 120 cm, 20 – 105 cm, 1,0 mV/cm, dan 0,6 cm untuk proses pengisian dan 120 cm, 5 – 100 cm, 0,8 mV/cm, dan 0,8 cm untuk proses pengosongan.

VI. Referensi

Kyung-Rak Sohn, Joon-Hwan Shim, 2009, *Liquid-Level Monitoring Sensor Systems Using Fiber Bragg Grating*

Embedded In Cantilever, Sensors and Actuators, A 152: 248–251.

Lomer, M., J. Arrue , C. Jauregui, P. Aiestaran, J. Zubia, J.M. L´opez-Higuera, 2007, *Lateral Polishing of Bends In Plastic Optical Fibres Applied to A Multipoint Liquid-Level measurement sensor*, *Sensors and Actuators*, A 137: 68–73.

Pekka Raatikainen , Ivan Kassamakov , Roumen Kakanakov , Mauri Luukkala, 1997, *Fiber-Optic Liquid-Level Sensor*, *Sensors and Actuators*, A 58: 93–97

Samian, Supadi, 2011, *Sensor Ketinggian Air Menggunakan Multimode Fiber Coupler*, *Jurnal Fisika dan Aplikasinya*, Vol. 7, No. 2.

Samian, G.Y.Y. Yhosep, A.H. Zaidan, Herlik Wibowo, 2014, *Gasoline level sensor based on displacement sensor using fiber coupler*, *Measurement*, 58, 342–348.