



UNIVERSITAS INDONESIA

**STUDI TENTANG SENSOR KOROSI
DI DALAM *BODY ASSEMBLY VALVE* UNTUK
MENGETAHUI KERUSAKAN *SEAT RING***

RINGKASAN DISERTASI

**NAMA : BASKORO ABIE PANDOWO
NPM : 0606037582**

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
DEPOK
FEBRUARI 2009**



UNIVERSITAS INDONESIA

**STUDI TENTANG SENSOR KOROSI
DI DALAM *BODY ASSEMBLY VALVE* UNTUK
MENGETAHUI KERUSAKAN *SEAT RING***

RINGKASAN DISERTASI

Untuk memperoleh gelar Doktor dalam bidang
Ilmu Teknik yang dipertahankan di hadapan Sidang Terbuka
Senat Akademi Universitas Indonesia
dibawah Pimpinan Rektor Universitas Indonesia
Prof. Dr. der. Soz. Gumilar Rusliwa Somantri
Pada hari Selasa, 24 Februari 2009, pukul 10.00

**NAMA : BASKORO ABIE PANDOWO
NPM : 0606037582**

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
DEPOK
FEBRUARI 2009**

Studi Tentang..., Baskoro Abie Pandowo, FT UI, 2009

ABSTRAK

Fungsi *control valve* sangat penting di dalam *industrial process loop*, karena berpengaruh langsung dengan hasil akhir *process loop* yang akhirnya ke mutu produk yang dihasilkan. Kinerja *control valve* sangat dipengaruhi oleh *service condition* yang melewatinya dan *control valve* tersebut harus mampu memberikan *output* berupa *opening valve percentage* (OVP) sesuai dengan perintah yang diterima dari *controller*. Jika *output* tadi tidak sesuai dengan *set-pointnya*, maka *control valve* mengalami kerusakan. Kerusakan *control valve* bermacam-macam dan dalam riset ini kerusakan *control valve* akibat adanya *cavitation* sehingga *seat ring* menjadi rusak. Informasi dari jurnal terakhir, deteksi korosi dilakukan di luar pipa pada sisi *downstream*.

Pada riset ini ditentukan *service condition* yang akan melewati *control valve*, berdasarkan *service condition* tersebut dibuat desain prototip *industrial process loop* dalam diagram pipa dan *instrument* (*Piping & Instrument Diagram, P&ID*) Untuk melengkapi proses dibuat lima *sample seat ring* yang bervariasi kerusakannya berdasarkan volume. Selanjutnya dilakukan percobaan proses dengan menggunakan keenam *sample* termasuk percobaan saat kondisi *seat ring* normal. Data hasil semua pengukuran intensitas suara akibat korosi *seat ring* berupa *sound pressure level* (SPL) yang didapat dengan *software Cool Edit Pro 2.0* lalu dianalisa dengan *software Excel* versi 2007 untuk mendapatkan besarnya nilai frekuensi.

Hasil riset ini adalah suatu desain sensor korosi pada *control valve* yang merupakan *device* yang sangat penting untuk mengetahui secara dini kerusakan *seat ring* dengan metoda kapasitansi yang terletak di dalam *body assembly valve* yang merupakan perbaikan yang signifikan dari hasil riset terkini. Parameter kapasitansi pada model desain ini dapat menjadi parameter penting pada desain sensor korosi yang setiap waktu dapat membaca perubahan intensitas suara sebagai fungsi korosi *seat ring*.

Kata kunci :

Control Valve, Service Condition, Cavitation, Kapasitansi, Sensor Korosi

Promotor :

Prof.Dr.Ir. Djoko Hartanto, MSc

Guru Besar Tetap

Fakultas Teknik Universitas Indonesia

Ko-promotor :

Prof.Dr.Ir. Harry Sudibyo S. DEA

Guru Besar Tetap

Fakultas Teknik Universitas Indonesia

Panitia Penguji :

- 1. Prof.Dr.Ir. Djoko Hartanto, MSc**
- 2. Prof.Dr.Ir. Harry Sudibyo S. DEA**
- 3. Prof. Dr. Masbach R.Siregar, APU**
- 4. Prof.Dr.Ir. Eko Tjipto Rahardjo, MSc**
- 5. Prof.Dr.Ir. NR.Poespawati, MT**
- 6. Dr.Ir. Muhamad Asvial, MEng**
- 7. Dr.Ir. Agus Santoso Tamsir, MT**

DAFTAR ISI

1. Pendahuluan	5
2. Desain prototip, kalibrasi dan kelayakan prototip.....	8
3. Pengukuran <i>seat ring control valve</i> pada prototip	9
4. Studi tentang desain sensor korosi di dalam <i>body valve assembly</i>	11
5. Kesimpulan	14
6. Daftar Acuan	16
7. Ucapan Terima Kasih	19
8. Daftar Riwayat Hidup Penulis	21

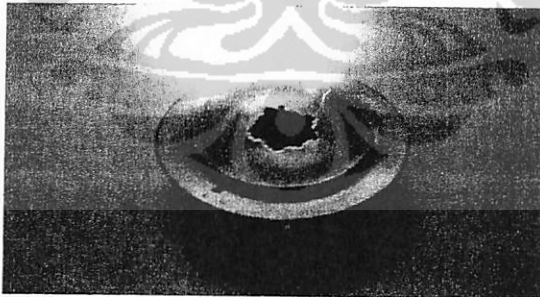
1. Pendahuluan

Suatu industrial *process control* terdiri dari ratusan atau ribuan *process loop* yang saling berhubungan satu sama lainnya guna memproduksi suatu produk untuk dijual. Setiap *process loop* dirancang untuk menjaga *process variable* seperti *pressure*, *liquid level*, *flow* dan *temperature*.

Proses variable yang didapat dari *sensor*, *transmitter*, *disturbance* digabung dan disesuaikan dengan nilai *set-point* tertentu oleh suatu *controller*. *Controller* akan mengukur, membandingkan dan menghitung dan kemudian hasilnya akan dikirimkan ke *final control element*.

Kebanyakan *final control element* pada *industrial process loop* adalah *control valve* [1]. Definisi *control valve* yang dipakai oleh *Scientific Apparatus Makers Association (SAMA)* [2] adalah sebuah valve dengan *pneumatic*, *hydraulic*, *electric* atau jenis *actuator* lain yang secara otomatis sepenuhnya atau sebagian membuka atau menutup valve ke posisi tertentu sesuai dengan signal yang diterima dari *controller*.

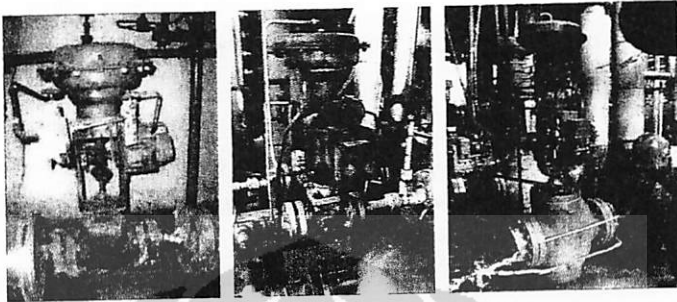
Control valve terdiri dari *valve body*, *actuator* dan *valve positioner*, *booster* atau asesori lainnya (seperti *transducer*, *limit switch*, *regulator*) [2]. Kebocoran *control valve* antara lain disebabkan oleh korosi *seat ring* seperti tampak pada Gambar 1.



Gambar 1. Bentuk kerusakan *seat ring*

Dampak nyata korosi *seat ring* adalah kebocoran valve yang melebihi *standard leakage classification ANSI/FCA 70-2 197 (R1982)* yang akan berakibat mutu hasil produk menjadi jelek.

Di dalam riset ini dilakukan pula kunjungan ke beberapa industri minyak & gas, industri kimia dan industri pupuk seperti terlihat pada Gambar 3.



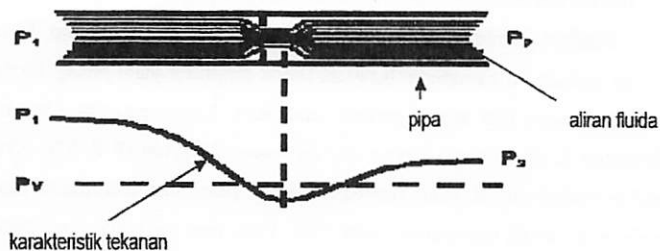
Gambar 3. Kondisi *control valve* di industri-industri

Korosi *seat ring* terjadi akibat terjadinya *cavitation*. Proses terjadinya *cavitation* dapat dijelaskan pada Gambar 4.



Gambar 4. Peristiwa *Cavitation* [5]

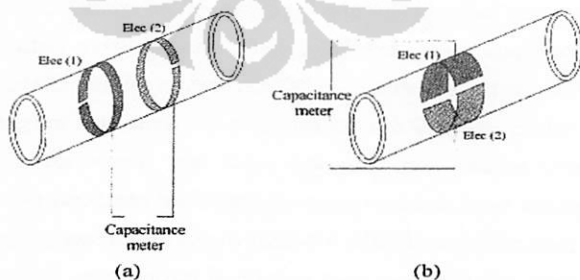
Peristiwa *cavitation* yang ditunjukkan pada Gambar 4 akan terjadi jika tekanan masukan yang akan melewati *control valve* akan mengalami suatu kondisi *vena contracta* yaitu *flow* dan *pressure* minimal seperti pada Gambar 5 sedangkan kecepatannya maksimal, setelah *pressure* melewati *control valve* yang nilainya melebihi *vapor pressure* fluida. Peristiwa seperti ini disebut *cavitation*. Pada keadaan *cavitation*, kontinuitas aliran fluida terganggu akibat terbentuknya *bubble* dengan P_1 inlet pressure, P_2 outlet pressure dan P_v vapor pressure.



Gambar 5. Peristiwa *Cavitation* [5]

Untuk menjaga aliran fluida yang melewati *control valve* tersebut tetap, maka kecepatan (atau energi kinetik) harus berada di nilai tertinggi pada *vena contracta* [5]. Penambahan kecepatan harus diikuti dengan penurunan tekanan (atau energi potensial) pada *vena contracta*. Selanjutnya di sisi *downstream* jumlah fluida membesar, kecepatan menurun dan tekanan meninggi, tentunya besarnya tekanan tidak mungkin sama dengan tekanan pada sisi *upstream*. Perbedaan tekanan (*pressure differential ΔP*) yang terjadi merupakan sebuah ukuran dari besarnya energi yang hilang pada *control valve* itu.

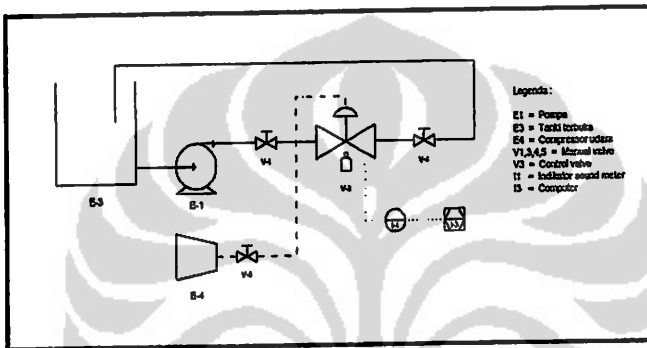
Beberapa riset sebelumnya, riset [5] melakukan pengukuran aliran fluida dengan sensor kapasitansi (*capacitance meter*). Elektroda-elektroda dipasang di sisi *downstream pipe*, struktur yang dikemukakan adalah struktur cincin (*ring*) dan struktur cekung (*concave*) seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Struktur sensor kapasitansi [5]

2. Desain prototip, kalibrasi dan kelayakan prototip

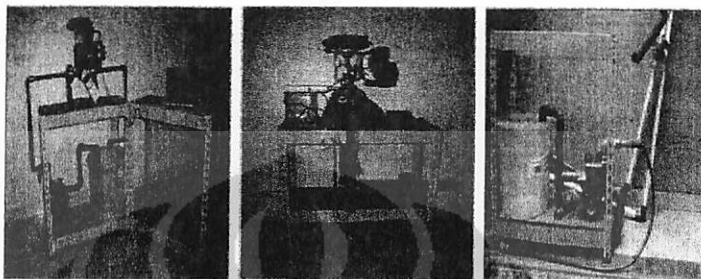
Sebelum membuat konstruksi prototip, dilakukan desain prototip. Tahap desain prototip ini mempertimbangkan ketiga parameter yaitu *piping system*, *field instrument* dan semua *process equipment*. Ketiga parameter tersebut dirancang di dalam suatu *Piping and Instrument Diagram* (P & ID). P&ID adalah simbol-simbol yang mewakili sebuah *plant* dan merupakan dasar melakukan *detail engineering work* [20]. Pada riset ini melakukan desain prototip seperti pada Gambar 7.



Gambar 7. Desain *Piping and Instrument Diagram* (P&ID) prototip

Pertama-tama air yang berada di dalam tangki E-3 disedot dan disalurkan oleh pompa listrik E-1 menuju ke *control valve* V-3 melalui *upstream pipe*. Di *upstream pipe* terdapat *gate valve* yang berfungsi untuk membuka atau menutup *flow line*. Air tadi keluar dari *control valve* melalui *downstream pipe* menuju ke tangki lagi. Di *downstream pipe* terdapat *gate valve* V-4 yang berguna untuk membuka atau menutup *flow line*. *Control valve* membutuhkan *air-supply* dari *air-compressor* E-4 untuk dapat menggerakkan *pneumatic actuator* dan *instrument signal* dari *current source* untuk menggerakkan *smart electro-pneumatic positioner*. Dan bentuk fisik dari desain P&ID dapat dilihat pada Gambar 8. Setelah *control valve* dipasang di prototip maka harus dikalibrasi agar hasil pengukuran nantinya akan akurat. Lalu kelayakan *control valve* dapat diketahui melalui *sizing calculation software* yang biasanya dibuat oleh masing-masing *control valve manufacturer*. Dalam

riset ini dipergunakan *sizing calculation software firstvue versi lab* yang hasilnya *noise < 50 dBA*, *OVP 86%* dan tidak terjadi *cavitation*, sehingga *control valve* pada prototip ini layak dipergunakan untuk proses pengukuran *seat ring* selanjutnya.



Gambar 8. Bentuk fisik prototip

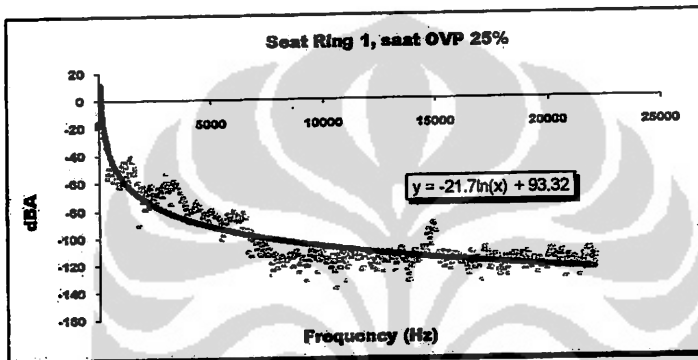
3. Pengukuran *seat ring control valve* pada prototip

Pasa riset ini dibuat *seat ring* dengan tingkat korosi yang bervariasi yaitu *seat ring 0*, *seat ring 1*, *seat ring 2*, *seat ring 3*, *seat ring 4* dan *seat ring 5*. *Seat ring 0* artinya *seat ring* kondisi normal, *seat ring 1* artinya *seat ring* diberi satu lubang berdiameter 1.5 mm dan seterusnya hingga *seat ring 5*.

Mulai *seat ring 0* dipasang ke *control valve* lalu *commissioning* dan dikalibrasi dan *distart-up*, setelah itu proses pengukuran *seat ring 0* dapat dilakukan. Setiap pengukuran *seat ring 0* dilakukan sebanyak 3 kali pada *opening valve percentage (OVP) 0%*, *OVP 25%*, *OVP 50%*, *OVP 75%* dan *OVP 100%*. Dengan cara yang sama berlaku pula untuk *seat ring 1*, *seat ring 2*, *seat ring 3*, *seat ring 4* dan *seat ring 5*. Hasil pengukuran-pengukuran ini berupa spektrum frekuensi yang diperoleh melalui *software Cool Edit Pro*. Spektrum frekuensi ini akan dirubah menjadi bentuk angka-angka dengan fasilitas yang terdapat pada *software Eool Edit Pro* untuk mengubah menjadi *sound pressure level (SPL)* yang disarikan pada Tabel 1. Dengan menggunakan *software Excel* versi 2007 akan diperoleh hubungan antara antara frekuensi dengan *SPL* yang berupa logaritmik, salah satunya ditunjukkan pada Gambar 9.

Tabel 1. Rangkuman hasil pengukuran *seat ring* kondisi normal dan rusak [21]

Kondisi <i>Seat Ring</i>	SPL [dBA] saat OVP 0%	SPL [dBA] saat OVP 25%
0	-109.3948	-106.5825
1	-104.1420	-102.4579
2	-102.7623	-104.4011
3	-103.5872	-106.1227
4	-104.0907	-106.4301
5	-106.4679	-107.4680

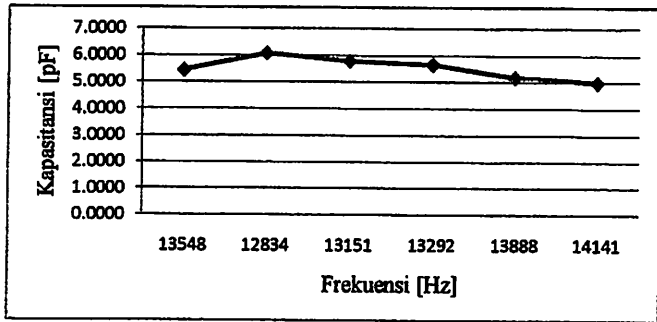


Gambar 9. Hubungan SPL vs frekuensi *seat ring* 1 saat OVP 25%

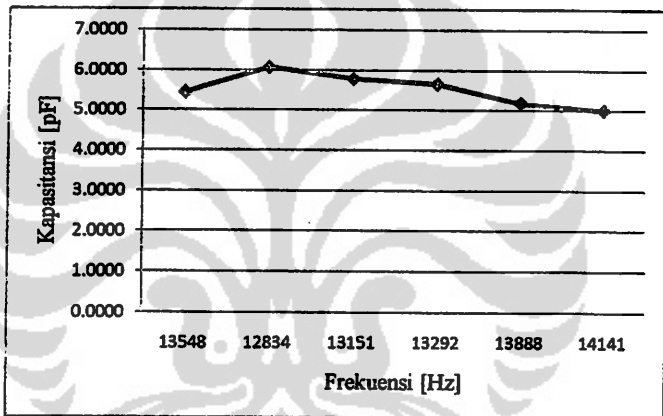
Perhitungan nilai-nilai kapasitansi hasil pengukuran menggunakan Persamaan 1 yaitu kapasitansi berbanding terbalik dengan kuadrat frekuensinya. Dalam riset [28] menguraikan bahwa perhitungan kapasitansi sebuah *device* dimulai dari informasi frekuensinya. Pada riset ini konstanta $a_2 (= 4\pi^2L)$ dalam Persamaan 1 mempunyai nilai yang sangat kecil sekali sehingga dapat diabaikan karena gesekan yang terjadi antara fluida dengan permukaan *seat ring* sangat kecil.

$$f^2 \approx \frac{1}{a_2 c} \quad (1)$$

Hasil perhitungan nilai-nilai kapasitansi di setiap *seat ring* dapat dilihat pada Gambar 10 saat OVP 0% dan Gambar OVP 25%, sehingga diperoleh batasan nilai kapasitansi 5.0008 nF – 6.7352 nF.



Gambar 10. Kurva hubungan kapasitansi dengan frekuensi saat OVP 0%

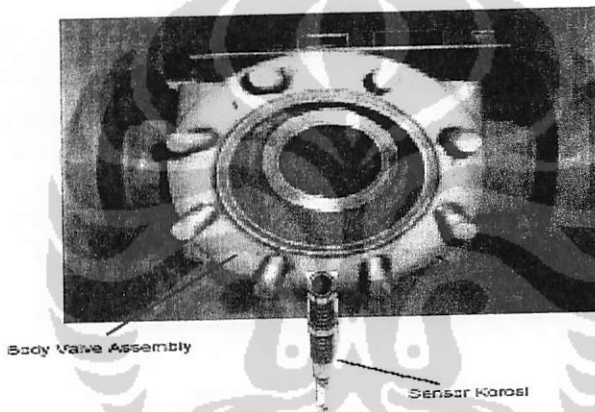


Gambar 11. Kurva hubungan kapasitansi dengan frekuensi saat OVP 25%

4. Studi sensor korosi pada *body assembly valve*

Pada riset ini sensor korosi akan dipasang di dalam *body assembly valve* yang dapat dilihat pada Gambar 11. Tujuan utamanya adalah letak sensor korosi dipasang didalam *body assembly valve* lebih stabil dan aman dari gangguan di sekitarnya serta dapat mengurangi suara luar yang tidak diinginkan dengan dipasang zat perekat (karet *seal*). Adapun letak sensor korosi harus satu garis dengan letak/posisi *seat ring* dan titik pusat fluida. Sensor korosi ini yang akan menangkap *sound level* mulai dari *seat ring* kondisi normal/baik (tidak terdapat lubang) sampai *seat ring* mengalami

korosi. Studi sensor korosi pada *body assembly valve* dalam riset ini akan membahas desain sensor yang dikemukakan dalam riset [17, 18, 19 dan 30]. Sejauh mungkin menggunakan spesifikasi teknis sensor yang telah dipergunakan dalam riset-riset tersebut yang disesuaikan dengan karakteristik SPL dari hasil pengukuran intensitas frekuensi. Desain sensor yang telah dibahas dalam riset-riset tersebut yaitu sensor konvensional yang diuraikan secara rinci dalam riset [17 dan 30] dan sensor *center boss* [17 dan 18]. Dengan membandingkan hasil sensitivitas sensor konvensional dan sensor *center boss* (CBS), maka dapat ditentukan salah satu sensor dari 2 kemungkinan sensor tersebut.



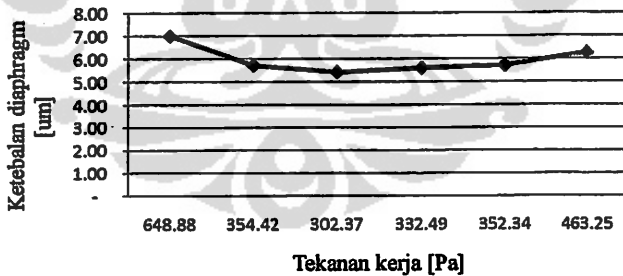
Gambar 11. Rancangan letak sensor korosi di dalam *Body Valve Assembly*

Perbedaan sensor konvensional dengan sensor *center boss* dapat dilihat dari struktur desain kedua sensor tersebut. Struktur *center boss* menggunakan *center boss* pada *diaphragm*nya sedangkan struktur konvensional tidak ada. Persamaan kedua jenis struktur sensor tersebut adalah sama-sama mempunyai *diaphragm*, elektroda dua buah dan terdiri dari dua buah keping silikon [17]. Desain CBS yang dilakukan dalam riset [17] dimulai antara lain dengan penentuan spesifikasi teknik CBS seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2 dan penjelasan singkat mengenai perencanaan langkah-langkah fabrikasi secara berurutan.

Tabel 2. Spesifikasi Center Boss Sensor [19]

Item	Deskripsi	Spesifikasi CBS
1	Radius <i>diaphragm</i>	1 mm
2	Tebal <i>diaphragm</i>	22 μm
3	Tebal <i>center boss</i>	110 μm
4	Radius <i>center boss</i>	700 μm
5	Bentuk <i>diaphragm</i>	Lingkaran
6	Jari-jari elektroda	700 μm
7	Bahan elektroda	Aluminium
8	Tebal elektroda	1000 Å
9	Jarak antar elektroda	2.5 μm
10	Bahan <i>pad</i>	Aluminium
11	Tebal <i>pad</i>	1000 Å
12	Lebar <i>pad</i>	10 μm
13	Luas daerah <i>pad</i>	1000 x 1000 μm^2
14	Orientasi <i>silicon</i>	(100)
15	Type <i>silicon</i>	n
16	Tebal <i>substrate silicon</i>	400 μm

Jika jarak antar kedua elektroda d_0 tetap seperti Tabel 2 dan dihitung bersama tebal *diaphragm* h . Hasil perhitungan tebal *diaphragm* h dapat dilihat pada Gambar 12 saat OVP 0%.



Gambar 12. Perhitungan ketebalan *diaphragm* h dimana jarak antar elektroda

Sound pressure didapat melalui formula pada Persamaan 2,

$$SPL = 20 \log \frac{P_p}{P_{atm}} \quad (2)$$

Tekanan suara yang didapat selanjutnya dimasukkan ke dalam Persamaan 2 sehingga akan diperoleh nilai-nilai ketebalan *diaphragm* yang mungkin dapat dipergunakan. Dengan pertimbangan sejauh mungkin spesifikasi teknis sensor yang telah dikemukakan dalam riset [17, 18, 19 dan 30] tidak berbeda jauh, maka ketebalan *diaphragm* yang dipilih untuk diaplikasikan dalam riset ini adalah $6.02 \mu\text{m}$ yang merupakan nilai rata-rata atas 12 kemungkinan ketebalan *diaphragm*. Besarnya ketebalan *diaphragm* ini yang digunakan di dalam desain sensor korosi.

Pada riset [23, 25, 34] menguraikan *beginning record* (rekam awal) untuk mengetahui kondisi *control valve* dalam kondisi baru (belum pernah dipergunakan). *V-packing* yang merupakan salah satu *internal part* pada *body assembly valve* yang menghubungkan antara *bonnet* dengan *stem valve*, agar *control valve* tidak bocor di sisi *bonnet* maka harus dipergunakan *V-packing* ini. Riset *V-packing* sebelumnya mengambil acuan dari *valve signature* saat kondisi baru.

5. Kesimpulan

Berdasarkan pengukuran intensitas suara pada prototip serta analisa hasil pengukuran dapat dibuat kesimpulan-kesimpulan di bawah ini ni.

1. Hasil percobaan membuktikan bahwa prototip yang dipakai dalam riset ini layak untuk dipergunakan karena *control valve* prototip mampu mengendalikan *service condition* yang melaluinya.
2. Besarnya kapasitansi dari prototip adalah 5.0008 nF sampai dengan 6.7352 nF. Saat OVP 0% nilai kapasitansi terbesar terjadi pada *seat ring 5* dan saat OVP 25% nilai kapasitansi terbesar terjadi pada *seat ring 1* di mana *seat ring 1* saat OVP 25% ini terjadi SPL tertinggi.
3. Parameter desain sensor korosi menggunakan hasil pengukuran karakteristik hasil pengukuran intensitas frekuensi yang pada akhirnya menunjukkan juga tingkat korosi *seat ring* secara logaritmis.

4. Studi yang dilakukan dalam riset ini membuktikan bahwa sensor korosi jenis konvensional lebih cocok diaplikasikan di dalam *body assembly valve* karena sensor korosi jenis konvensional lebih sensitif dibandingkan dengan sensor korosi jenis *center boss* dengan ketebalan *diaphragm* 6.02 μm .
5. Hasil studi sensor korosi ini menunjukkan *beginning record/signature* (rekam awal) sangat penting sebagai acuan dalam menentukan mulai terjadinya korosi *seat ring* atau disebut *seat ring signature*. Saat OVP 0% dan OVP 25% merupakan acuan penting di dalam riset ini, karena deteksi dini korosi sensor terjadi pada batasan *opening valve percentage* 0%-25%. *Seat ring signature* diperoleh pada saat kondisi *control valve* masih baru atau setelah *control valve* diperbaiki dengan penggantian *internal parts* saat *shutdown plant*.
6. Sensor korosi jenis konvensional ini diharapkan akan mengetahui secara dini kerusakan *seat ring* sehingga produk yang dihasilkan akan tetap terjamin kualitasnya.

6. Daftar Acuan

- [1]. Stephanopoulos, G. (1984). *Chemical Process Control : An Introduction To Theory and Practice*. Prentice-Hall, New Jersey.
- [2]. Emerson Process Management. (2005). *Fisher Control Valve Handbook*. Fourth Edition, Marshalltown-Iowa, hal. 1-283.
- [3]. Goode, William, B. (1988, January 14). *Valve Design To Reduce Cavitation and Noise*. United States Patent 4860993. Dallas, TX.
- [4]. Hamblin, Nathan, J. Long, T.A. (2003, May 30). *Control valve trim and seat design for valve trim with minimal unbalanced area*. United States Patent 7055548.
- [5]. Ahmed, W.H. (2006, October). *Capacitance Sensors for Void-Fraction Measurements and Flow-Pattern Identification in Air-Oil Two-Phase Flow*". IEEE Sensor Journal, Vol.6 No.5.
- [6]. Strizzolo, C.N. Converti, J. (1993, June). *Capacitance Sensor for Measurement of Phase Volume Fraction in Two-Phase Pipelines*. IEEE Transaction on Instrumentation and Measurement, Vol.42, No.3.
- [7]. Kennedy, J.H. Hartanto, D. (2008, March 26). *The Personal Communication*. Jakarta, Indonesia.
- [8]. Badalyan, A. (2008). *Process Instrumentation IL8*. School of Pharmacy and Medical Science. University of South Australia.
- [9]. Fisher-Rosemount. (1999). *Smart Positioner Fieldvue Training*.
- [10]. Samson AG Mess-Und Regeltechnik. (2003, November). *Cavitation in Control Valve*. Samson AG Weismüllerstraße 3 60314 Frankfurt.
- [11]. Ackeret, J. (2003, January). *Experimentelle und theoretische Untersuchungen über Hohraumbildung im Wasser*, Techn. Mechanik und Thermodynamik, Band 1, Nr. 1, Berlin
- [12]. Langreth, D.C. Dion, M. Rydberg, H. Schroder, E. Hyldgaard, P. Undqvist, B.I. (2004, February 27). *Van der Waals Density Functional Theory with Applications*. Department of Physics Astronomy and Center for Materials Theory, Rutgers University, Piscataway, NJ 08854-8019, USA; Department of Applied Physics,

Chalmers University of Technology and Go'teborg University, SE-41296 Go'teborg, Sweden.

- [13]. Rayleigh, L. (1917). *On the Pressure Developed in a Liquid During the Collapse of a Spherical Cavity*, Phil. Mag., Vol. 34, pages 94–98.
- [14]. Guth, W. (1956). *Zur Entstehung der Stowellen bei der Kavitation, Acustica*, Vol. 6, pages 526–531.
- [15]. Lyamshev, L. M. (1970, April-June). *On the Theory of Hydrodynamic Cavitation Noise*. Soviet Physics-Acoustics, Vol. 14, No. 4.
- [16]. *Kapasitansi dan Kapasitor*. (2008). www.google.com.
- [17]. Jaya, B.S. *The Optimal Pressure Sensor Using Center Boss for Measurement 0–12000 Pa*. (2001). Sensor Device Reseach Group. Faculty of Engineering. University of Indonesia.
- [18]. Omi, T. Horibata, K. Sato, F. Takeuchi, M. (1997, February). *Capacitive Sensor with Center Clamped Diaphragm*. IEICE Trans. Electron, Vol. E80-C, pp 263-268
- [19]. Yasukawa, A. Shimazoe, M. Matsuoka, Y. (1989, July). *Simulation of Circular Silicon Pressure Sensor with a Center Boss for Very Low Pressure Measurement*. IEEE Trans. Electron Devices. Vol 36 No 7. PP 1295-1302.
- [20]. Process Industry Process (PIP). (2008, April). *PIP PIC001 Piping and Instrumentation Diagram Documentation Criteria*. Complete Revision.
- [21]. Pandowo, B.A. Hartanto, D. Soediby, H. (2009, Januari 28). *Analisa seat ring kondisi normal dengan sound pressure level pada control valve*. Jurnal Penelitian, Pusat Penelitian Elektronika dan Telekomunikasi (PPET-LIPI), Bandung, Indonesia.
- [22]. Pandowo, B.A. Hartanto, D. Soediby, H. (2009, January). *Formula for Defining Corrosion Seat Ring in Control Valve Based on Capacitance Analysis of Frequency Intensity*. PIERS, Research Symposium, Moscow, Russia.

- [23]. Fisher Controls International LLC. (2005). *Instruction Manual of Smart Positioner Fieldvue Type DVC6000 Series*.
- [24]. Fisher Controls. (1998). *Control Valve Engineering School Singapore*.
- [25]. Fisher Controls International. (1996). *Firstvue Manual Book*.
- [26]. Oginawati, K. (2008). *Kebisingan (Noise)*. www.yahoo.com
- [27]. Chen, Z.H. Luo, R.C. *Design and Implementation of Capacitive Proximity Sensor Using Microelectromechanical Systems Technology*. (1998, December). *IEEE Transaction on Industrial Electronics*, Vol.45 No.6.
- [28]. Liu, W.Y. Harkar, A. Steer, M.B. Steenson, D.P. (2008). *A Novel Technique To Estimate the Voltage-Dependent Capacitive of a Weekly Nonlinear Device at Microwave Microwave Frequencies*. IMP. University of Leeds. Leeds LS2. United Kingdom
- [29]. Wisra, M, (1996). *Perancangan Sensor Tekanan Menggunakan Keping Silikon Dengan Memanfaatkan Sifat Kapasitif Untuk Pengukuran Tekanan Rendah*. Tugas Akhir Jurusan Teknik Elektro, UI Depok
- [30]. Yamada, M.T. Takebayashi, S. Notoyama, K. Watanabe. (1991). *A Switched Capacitive Pressure Sensor*, IEEE CH2940, pp 468-473.
- [31]. *Sound Pressure Level*. (2009, February 7) <http://en.wikipedia.org>
- [32]. Pandowo, B.A. Hartanto, D. Soedibyo, H. (2009, Januari 28). *Kerusakan seat ring pada body assembly valve dengan metode kapasitansi*. Seminar Nasional Penelitian Teknologi Industri, ISBN 978-979-18265-1-8, Universitas Trisakti, Jakarta, Indonesia.
- [33]. Pandowo, B.A. Hartanto, D. Soedibyo, H. (2009, February 12). *Defining corrosion seat ring in control valve based on capacitance analysis of frequency intencity*. ITB Journal. The official ITB scientific journal. Bandung, Indonesia
- [34]. Pandowo, B.A. Hartanto. (2007, November). *Noise recovery cage to reduce high noise of control valve using sound pressure level*. QIR, Universitas Indonesia, Depok, Indonesia.

7. Ucapan Terima Kasih

Puji syukur saya panjatkan kepada ALLAH SWT, karena atas berkat dan rahmat-Nya, saya dapat menyelesaikan disertasi ini. Penulisan disertasi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Doktor, Program Studi Teknik Elektro pada Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Saya menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan disertasi ini, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan disertasi ini. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih kepada :

- (1) Prof. Dr.Ir. Djoko Hartanto, MSc, selaku promotor yang telah menentukan dan menyetujui riset ini sebagai bagian dari riset pada Sensor Device Research Group (SDRG), bersedia meluangkan waktu untuk membimbing, menentukan petunjuk dan saran dalam menyelesaikan riset ini.
- (2) Prof. Dr.Ir. Harry Sudibyo, DEA, selaku ko-promotor yang telah meluangkan waktu, membimbing, memberikan saran-saran dalam riset ini.
- (3) Prof.Dr.Ir.Eko Tjipto Rahardjo,MSc, Prof.Dr.Ir. NR.Poespawati,MT, Prof Dr.Masbach R.Siregar,APU, Dr.Ir.Muhamad Asvial,M.Eng dan Dr.Ir.Agus Santoso Tamsir,MT selaku penguji dalam proses disertasi ini.
- (4) Prof. Dr. James Holm Kennedy, selaku Dosen Universitas Hawaii yang telah memberikan masukan tentang pengukuran *sound pressure level* dalam riset ini.
- (5) Khusus saya sampaikan terima kasih yang tidak terhingga kepada Ibunda Hj. Rd.Ngt. Tatiek Sri Sukanti dan Ayahanda H. Gatot Soekamo Prawiro Hardjono (Alm) yang telah membesarkan, mendidik dan mengajarkan saya sehingga saya dapat mencapai pendidikan ini. Begitu pula dengan kakak-kakak dan adik-adik.
- (6) Ucapan terima kasih dan sayang saya sampaikan kepada istri tercinta, Hj. RAy. Hapsari Kusumodewi, SE, anak-anak RM. Habie Purwokusumo Putrapandowo, RA. Dewi Rasyafitri Habieputri dan RA. Agatha Lachany Habieputri yang memberikan inspirasi untuk tetap maju terus dan juga atas pengertiannya selama menempuh sekolah S3 yang sering mengurangi perhatian dan waktu bersama-sama.

- (7) Ucapan terima kasih saya ucapkan kepada seluruh sahabat dan rekan-rekan Departemen Elektro Universitas Indonesia, atas bantuan dan kerjasamanya selama riset dan ketika menjalani studi.
- (8) Karyawan dan karyawan Universitas Indonesia yang telah banyak membantu saya dalam menyelesaikan disertasi ini.

Akhir kata, saya berharap ALLAH SWT berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu, semoga disertasi ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu.



Depok, Februari 2009



Baskoro Abie Pandowo

8. Daftar Riwayat Hidup Penulis

Nama : Baskoro Abie Pandowo
Tempat & Tanggal Lahir : Jakarta, 20 Juni 1968
Nama Istri : Hj. R.Ay. Hapsari Kusumodewi, SE
Nama Anak-Anak : R.M. Habie Purwokusumo Putrapandowo
R.A. Dewi Rasyafitri Habieputri
R.A. Agatha Lachany Habieputri
Kantor : PT. PUCO
Alamat Kantor : Wisma GKBI 39TH Floor Suite 3901
Jl. Jend. Sudirman kav.28. Jakarta 10210
Email : baskoro@puco-eng.com

Pendidikan

1. 1974-1975 , TK Kasih Ibu. Komplek PLN Senayan. Jakarta Selatan
2. 1975-1981 , SDN Grogol Utara 07 Pagi. Jakarta Selatan
3. 1981-1984 , SMPN 19. Jakarta Selatan
4. 1984-1987 , SMAN 70. Jakarta Selatan
5. 1987-1991 , Institut Sains dan Teknologi Nasional. Teknik Elektro S1 Jakarta Selatan
6. 1988-1992 , Universitas Terbuka. Jurusan Manajemen S1. Jakarta
7. 1993-1995 , Universitas Indonesia. Teknik Kontrol Industri S2. Depok
8. 2006 , Ibadah Haji. Arab Saudi

Pendidikan Non Formal (Kursus)

1. 1985 , Bahasa Inggris di Yayasan Pembinaan Pendidikan Keterampilan Jakarta Pusat.
2. 1991 , Bahasa Inggris TOEFL di The careers and business college Jakarta Selatan
3. 1993 , Programmable logic controller PLC Telemecanique UI Salemba. Jakarta Pusat

4. 1997 , Control valve engineering school. Fisher Controls. Singapore
5. 1998 , Cashflow management. Imeco. Jakarta Selatan
6. 1998 , Petroleum industry. Imeco. Jakarta Selatan
7. 1998 , Taxation. Imeco Jakarta Selatan
8. 2000 , Negotiation technique in business workshop. Prasetya Mulya Jakarta Selatan.
9. 2001 , Endress+Hauser Automation System. Singapore
10. 2003 , Practical fundamentals of OPC. Kuala Lumpur. Malaysia
11. 2004 , Practical process control and tuning of industrial control loop Kuala Lumpur. Malaysia
12. 2004 , Radio telemetry system for industry. Kuala Lumpur. Malaysia

Keanggotaan

1. 2006- sekarang , IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers). 80526917. Boston. USA
2. 2007- sekarang , IEE-J (Indonesian Electronics Expert-Jakarta)

Pengalaman kerja di Akademis

1. 1990-1992 , Asisten Dosen. Institut Sains dan Teknologi Nasional Jakarta.
2. 1993-1995 , Dosen. Universitas Pancasila. Jakarta Selatan.
3. 1994-1995 , Dosen. Universitas Krisnadwipayana. Jakarta.
4. 2000 , Dosen Tamu. Kapita Selakta Teknik Fisika. Jurusan Teknik Fisika. ITB-Bandung.

Pengalaman kerja di Perusahaan

1. 1990 , Praktikan Transformator. Unindo. Jakarta
2. 1991-1992 , Electrical & Telecommunication Engineer. PT.Multi Plarsicon (Konsultan). Jakarta
3. 1992-1993 , Master Engineer. PT. Enertek Konservasindo. Jakarta
4. 1996-2000 , Sales & Application Engineer. PT.Control Systems. Jakarta Selatan.

5. 2000-2002 , Automation and System Integration Manager.
PT. Grama Bazita (Endress Hauser). Jakarta Selatan.
6. 2002-sekarang , President Director PT. PUCO. Jakarta Pusat
7. 2003-sekarang , Managing Director. Puco Engineering. Singapore
8. 2003-sekarang , Managing Director. Puco Engineering. Kuala Lumpur
Malaysia.

Publikasi

1. Pandowo, B.A. Alternatif Penghematan Energi Listrik dengan Electroflow. (1994, Februari). Jurnal FTUP ISSN No. 0852-0038. Universitas Pancasila
2. Pandowo, B.A. Programmable Logic Controller. (1995, Juli). Jurnal FTUP ISSN No. 0852-0038. Universitas Pancasila
3. Pandowo, B.A. Hartanto, D. Soedibyo, H. (2009, Januari 28). *Analisa seat ring kondisi normal dengan sound pressure level pada control valve*. Jurnal Penelitian, Pusat Penelitian Elektronika dan Telekomunikasi (PPET-LIPI), Bandung, Indonesia.
4. Pandowo, B.A. Hartanto, D. Soedibyo, H. (2009, January). *Formula for Defining Corrosion Seat Ring in Control Valve Based on Capacitance Analysis of Frequency Intensity*. PIERS, Research Symposium, Moscow, Russia.
5. Pandowo, B.A. Hartanto, D. Soedibyo, H. (2009, Januari 28). *Kerusakan seat ring pada body assembly valve dengan metode kapasitansi*. Seminar Nasional Penelitian Teknologi Industri, ISBN 978-979-18265-1-8, Universitas Trisakti, Jakarta, Indonesia.
6. Pandowo, B.A. Hartanto, D. Soedibyo, H. (2009, February 12). *Defining corrosion seat ring in control valve based on capacitance analysis of frequency intensity*. ITB Journal. The official ITB scientific journal. Bandung, Indonesia
7. Pandowo, B.A. Hartanto. (2007, November). *Noise recovery cage to reduce high noise of control valve using sound pressure level*. QIR, Universitas Indonesia, Depok, Indonesia.