

KARAKTERISASI PRESSURE TRANSDUCER PADA FASILITAS EKSPERIMEN UNTAI UJI BETA

Sumantri Hatmoko, Bambang Heru

Pusat Teknologi dan Keselamatan Reaktor Nuklir (PTKRN) - BATAN
Kawasan PUSPIPTEK, Gd. 80, Serpong, Tangerang Selatan, BANTEN, 15310
Telp: (021) 7560912 Fax: (021) 7560913, email: sumantri_m3@yahoo.com

ABSTRAK

KARAKTERISASI PRESSURE TRANSDUCER PADA FASILITAS EKSPERIMEN UNTAI UJI BETA. Dalam rangka peningkatan kualitas pengukuran pada fasilitas eksperimen Untai Uji Beta (UUB) maka dilakukan pengembangan sistem instrumentasi pengukuran berbasis komputerisasi. Pengembangan ini digunakan untuk memantau dan menyimpan data pengukuran secara simultan dan real time menggunakan sistem akuisisi data National Instruments (DAS-NI). Parameter pengukuran pada fasilitas eksperimen UUB mencakup temperatur, tekanan, laju alir dan konduktivitas listrik. Pada kegiatan ini dilakukan karakterisasi 2 buah pressure transducer yang terpasang pada tangki heat exchanger dan inlet bundel uji. Tujuan dari karakterisasi untuk mendapatkan formulasi linier antara arus dengan tekanan untuk mengukur akurasi pressure transducer. Metodologi karakterisasi dilakukan dengan simulasi menggunakan hydrostatic-test yang dilengkapi pressure gauge dengan ampermeter dan pengujian dengan DAS-NI. Hasil Karakterisasi diperoleh dengan formulasi linier yang diperoleh dengan metode regresi linier berdasarkan data arus dan tekanan pada pressure gauge dengan ampermeter. Dari hasil karakterisasi pressure transducer dengan hydrostatic-test maka diperoleh formulasi linear $y=0,625x-2,83$ pada tangki heat exchanger dan $y=0,631x-2,658$ inlet bundel uji. Dari hasil pengujian menggunakan data simulasi DAS-NI diperoleh formulasi linear $y = 0,624x-2,885$ pada tangki heat exchanger dan $y=0,630x-2,693$ pada inlet bundel uji. Dengan membandingkan hasil persamaan karakterisasi dengan hydrostatic-test dan pengujian dengan DAS-NI maka dapat di peroleh error relatif 2,63 % pada pressure transducer pada tangki heat exchanger dan 2,50 % pada inlet bundel uji.

Kata kunci: UUB, DAS-NI, pressure transducer, karakterisasi

ABSTRACT

CHARACTERIZATION OF PRESSURE TRANSDUCER OF BETA TEST LOOP EXPERIMENTAL FACILITIES. In order to improve the quality of measurements on experimental facilities Beta Test Loop (UUB) then carried out the development of computerized systems based measurement instrumentation. This development is used to monitor and store the measurement data simultaneously and in real time using a National Instruments Data Acquisition System (DAS-NI). Parameter measurements on experimental facilities UUB include temperature, pressure, flow rate and electrical conductivity. In this activity performed 2 pieces characterization pressure transducer mounted on the tank and the heat exchanger inlet test bundle. The purpose of the characterization to obtain the linear formulation for the flow with pressure gauge accuracy pressure transducer. Characterization methodology with a simulation performed using the hydrostatic test pressure gauge equipped with ammeter and testing by DAS-NI. Characterization results obtained with a linear formulation obtained by linear regression method based on data flow and pressure at the pressure gauge with ammeter. From the results of the hydrostatic pressure transducer characterization test the formulations obtained $y=0.625x-2.83$ on the tank heat exchanger and $y=0.631x-2658$ pressure transducer at the inlet to the test bundle. From the test results using simulated data obtained linear formulation by DAS - NI $y=0,624x-2.885$ on the heat exchanger and $y=0.630x-2.693$ at the inlet test bundle. By comparing the results of equations with hydrostatic-test characterization and testing with the DAS-NI can be obtained 2.63 % relative error in the pressure transducer in the tank and the heat exchanger inlet bundles 2.50 % on the test.

Keywords: UUB, DAS-NI, pressure transducer, characterization

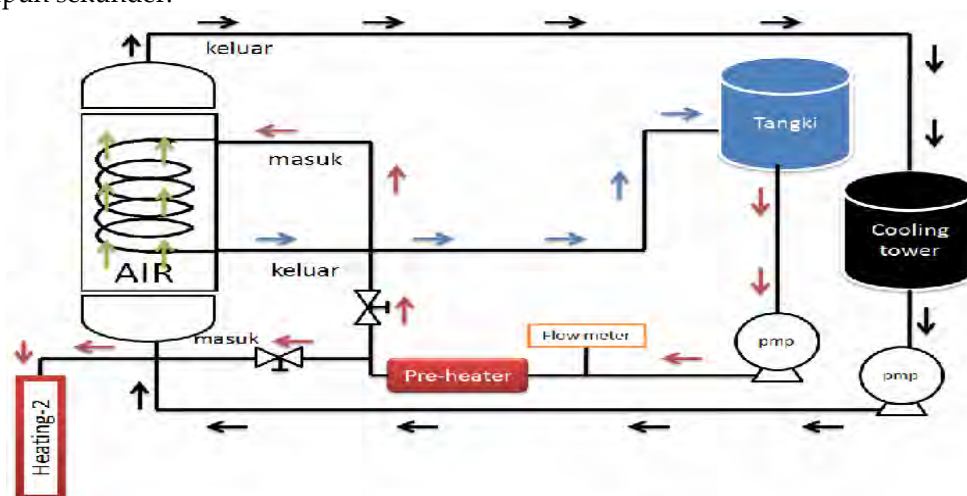
1. PENDAHULUAN

Untuk menjamin keselamatan di suatu PLTN perlu di buat sistem keselamatan yang handal untuk mengurangi kecelakaan. Di Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir (PLTN) yang pernah mengalami kecelakaan adalah PLTN *Three Mile Island*, Pennsylvania, Amerika Serikat, 1979. Kecelakaan PLTN tersebut diakibatkan oleh kehilangan air pendingin pada teras reaktor sehingga mengakibatkan teras meleleh. Melihat kejadian tersebut maka perlu dibuat suatu simulasi untuk mensimulasikan kecelakaan yang disebabkan oleh kehilangan air pendingin (*LOCA, Lost of Coolant Accident*). Di lab termohidrolika ada fasilitas Untai Uji Beta yang digunakan untuk mensimulasikan kecelakaan yang di sebabkan oleh kehilangan air pendingin khususnya fenomena termohidrolika selama peristiwa pasca kehilangan air pendingin^[1]. Uji Untai Beta (UUB) adalah sarana eksperimen untuk menunjang penelitian dan pengembangan teknologi keselamatan reaktor ditinjau dari aspek *termohidrolika* pada reaktor nuklir. Parameter pengukuran pada fasilitas eksperimen UUB mencakup temperatur, tekanan, laju alir dan konduktivitas listrik. Setiap parameter mempunyai alat ukur sendiri dimana unjuk kerja alat tersebut masih konvensional. Dengan demikian menjadi sangat kecil kemungkinannya untuk mendapatkan perubahan data secara *real-time*. Dalam rangka mendukung eksperimen di UUB pada pengukuran tekanan maka perlu dibuat karakterisasi *pressure transducer* pada fasilitas eksperimen UUB. Tujuan dari karakterisasi ini untuk mendapatkan formulasi linier antara arus dengan tekanan untuk mengukur akurasi *pressure transducer*. Karakterisasi *pressure transducer* yang digunakan dengan menggunakan *hydrostatic-test* yang dilengkapi *pressure gauge* dengan amperemeter. Untuk pengujian hasil karakterisasi menggunakan kalibrator jofra dan sistem akuisisi data *National Instruments* tipe cDAQ-9188 yang dilengkapi modul *signal conditioning* NI-9203 dan NI-9213 dengan program aplikasi LabView.

2. TEORI/POKOK BAHASAN

2.1. Untai Uji Beta

Untai Uji Beta terdiri dari beberapa komponen utama yaitu kanal uji yang memuat bundel uji, pemanas awal (*pre-heater*), pompa sirkulasi dan penukar kalor untuk membuang panas ke sistem sekunder. Pada Untai uji beta memiliki tekanan desain 10 bar, temperatur air 90 °C, debit aliran 0.0009 m³/s pada frekuensi 50 Hz^[2]. Fasilitas tersebut terdiri dari sisi primer dan sekunder dengan diagram alir seperti terlihat pada Gambar 1. Pengkondisian yang tersedia pada fasilitas ini mencakup laju alir, temperatur dan tekanan pada sisi primer maupun sekunder.



Gambar 1. Skema Diagram Alir UUB

2.2. Pressure Transducer

Tekanan (pressure) adalah gaya yang bekerja persatuan luas, dengan demikian satuan tekanan identik dengan satuan tegangan (*stress*). Dalam konsep ini tekanan didefinisikan sebagai gaya yang diberikan oleh fluida pada tempat yang mewadahnya. Tekanan mutlak (*absolute pressure*) adalah nilai mutlak tekanan yang bekerja pada wadah tersebut. Tekanan relatif atau tekanan pengukuran (*gauge pressure*) adalah selisih antara tekanan mutlak dan tekanan atmosfer. Tekanan vakum atau hampa (*vacuum*) menunjukkan seberapa lebih tekanan atmosfer dari tekanan mutlak (Holman, 1985). *Pressure transducer* adalah komponen instrumentasi yang mendeteksi tekanan cairan dan gas dan menghasilkan sinyal listrik yang berhubungan dengan tekanan^[3]. Prinsip kerja *pressure transducer* mengubah tegangan mekanik menjadi sinyal listrik. Pengukuran tekanan secara mekanik kebanyakan melakukan pengukuran tekanan yang lebih besar dari satu atm. Alat pengukuran tekanan mekanis ada berbagai macam yaitu manometer, barometer, tabung bourdon, pengukuran tekanan difragma dan pengukuran tekanan bellows. *Pressure transducer* yang digunakan adalah *pressure transducer* yang dikeluarkan oleh konic model TPS20-g26-F8. *Pressure transducer* TPS20-g26-F8 adalah *pressure transducer gauge* dengan akurasi tinggi yang menggunakan *steinless steel diaphragm* dengan range pengukuran 0-10 bar dengan *power supply* sebesar 15-35 volt DC dan arus 4-20 mA DC^[4]. *Pressure transducer* konic model TPS20-g26-F8 dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. *Pressure Transducer Konic TPS20-g26-F8*

Alat ukur tekanan ini termasuk jenis pengukuran tekanan diafragma. Pengukur diafragma merupakan piranti deformasi elastis yang banyak digunakan dalam pengukuran tekanan. Pada saat diafragma diberi perbedaan tekanan maka diafragma ini akan mengalami defleksi sesuai dengan perbedaan tekanan tersebut. Pada diafragma dipasang pengukur regangan tahanan untuk mengetahui deformasi. Keluaran dari pengukur ini merupakan fungsi tegangan setempat, yang tentunya sangat berhubungan dengan defleksi diafragma dan beda tekanan tersebut. Defleksi pada umumnya linier dengan perbedaan tekanan jika defleksi tersebut kurang dari 1/3 tebal diafragma. Alat ini menggunakan deformasi elastis dari suatu diafragma (membran) untuk mengukur perbedaan tekanan yang tidak diketahui dengan tekanan referensi. Salah satu bentuk *Diaphragm pressure gauge* terdiri sebuah kapsul yang terbagi atau sebuah diafragma. Salah satu sisi diafragma terbuka pada tekanan eksternal target, tekanan eksternal, dan sisi lain dihubungkan dengan tekanan yang diketahui (tekanan referensi). Keuntungan dari pengukuran tekanan diafragma adalah mempunyai respon lebih cepat, akurasi tinggi, dan linieritas yang baik jika perubahan tekanan tidak lebih besar dari pada ketebalan diafragma.

2.3. Hydrostatic test

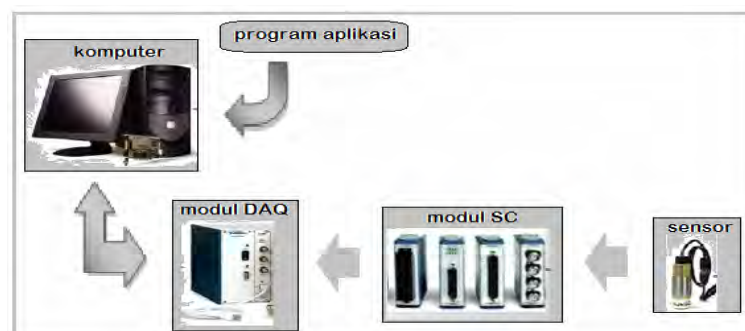
Gaya hidrostatik adalah gaya yang terdapat pada fluida yang diam (tidak mengalir). Seperti kita ingat fluida (gas dan cairan) bila menerima tekanan maka akan meneruskannya ke segala arah. Gaya hidrostatik adalah perkalian antara tekanan pada suatu area dengan luas permukaan area tersebut. Makin luas permukaan tentunya gaya hidrostatik yang ada makin besar pula. Setiap bagian di dalam fluida statis akan mendapat tekanan zat cair yang disebabkan adanya gaya hidrostatik disebut tekanan hidrostatik. Tekanan hidrostatik adalah tekanan yang terjadi di bawah air. Tekanan ini terjadi karena adanya berat air yang membuat cairan tersebut mengeluarkan tekanan. Tekanan sebuah cairan bergantung pada kedalaman cairan di dalam sebuah ruang dan gravitasi juga menentukan tekanan air tersebut. *Hydrostatic test* adalah alat untuk menguji tekanan pipa, tabung gas, boiler dan tangki bahan bakar. Peralatan yang digunakan pada penelitian menggunakan hidrostatik test menggunakan KYOWA *Hydrostatic test pump* T50KP. KYOWA *Hydrostatic test pump* T50KP dilengkapi dengan *pressure gauge* terbuat dari *steinless steel* 304, Memiliki maksimal tekanan 50 bar, diameter *plunger* 22 mm, stroke 35 mm, kapasitas tangki air 4,5 liter, isapan rata-rata per *stroke* 13 cc. KYOWA *Hydrostatic test pump* T50KP dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. KYOWA *Hydrostatic Test Pump* T50KP

2.4. Sistem Instrumentasi Pengukuran

Sistem instrumentasi pengukuran berbasis komputer terdiri dari sensor dan beberapa modul rangkaian elektronik yang dikendalikan melalui program aplikasi sehingga data pengukuran dapat disajikan dan disimpan secara komputerisasi. Modul *Data Acquisition* (DAQ) berfungsi untuk mengubah sinyal keluaran modul *signal conditioning* menjadi sinyal digital, dimana sinyal digital tersebut diterima komputer dan diproses berdasarkan program aplikasi sehingga data pengukuran dapat ditampilkan menjadi informasi yang diperlukan^[5]. Blok diagram sistem instrumentasi pengukuran berbasis komputer dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Blok Diagram Sistem Instrumentasi Pengukuran Berbasis Komputer.

Dalam pengembangan sistem instrumentasi pemantauan parameter pengukuran fasilitas eksperimen untai uji beta, sebagai sensor temperatur digunakan termokopel yang memberikan sinyal keluaran dalam bentuk tegangan. Sedangkan sensor laju alir, konduktivitas dan tekanan diambil dari fasilitas arus keluaran masing-masing alat ukur. Sebagai modul pengkondisi sinyal tegangan digunakan modul NI-9213 yang memberikan fasilitas masukan 16 kanal, sedangkan pengkondisian sinyal arus digunakan modul NI-9203 yang memberikan fasilitas masukan 8 kanal. Setiap modul pengkondisi tersebut terhubung pada sebuah slot cDAQ-9188 yang keseluruhannya menyediakan 8 slot^[6]. Modul-modul akuisisi data NI yang terdiri dari cDAQ-9188, NI-9203 dan NI-9213 dapat dilihat pada Gambar 5.



Modul cDAQ-9188

Modul NI-9203

Modul NI-9213

Gambar 5. Modul-Modul Akuisisi Data NI

Program virtual instrumentasi LabView terdiri dari blok diagram dan front panel^[7]. Blok diagram berfungsi untuk membuat instruksi program. Secara umum instruksi program mencakup pembacaan data, pengaturan data, proses data dan penyimpanan data. Front panel berfungsi untuk menampilkan data, berbagai bentuk tampilan data dapat dipilih sehingga informasi perubahan nilai data maupun profil data dapat mudah dipahami. Front panel juga menyediakan fasilitas penyimpanan data berikut tombol eksekusinya yang terpisah dengan eksekusi program sehingga waktu penyimpanan data dapat diatur sesuai keperluan.

3. METODOLOGI

Penelitian ini dilakukan di fasilitas eksperimen UUB pada *pressure transducer* tangki *heat exchanger* dan *inlet* bundel uji. Untuk langkah-langkah karakterisasi *pressure transducer* terdiri dari beberapa tahapan berikut:

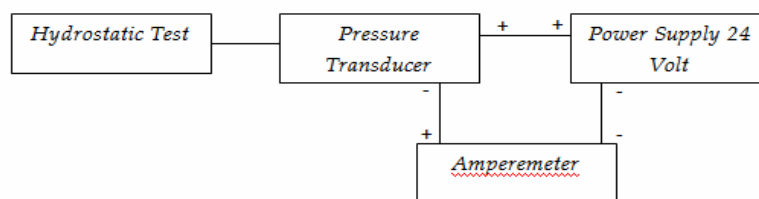
1. Inventarisasi hasil pengukuran sensor *pressure transducer* pada tangki *heat exchanger* dan *inlet* bundel uji dengan *hydrostatic-test*.
2. Mencari formulasi linier karakterisasi yang diperoleh dengan metode *regresi linier* berdasarkan data arus dan tekanan dengan *hydrostatic-test* yang dilengkapi pada *pressure gauge* dengan ampermeter.
3. Melakukan pengujian hasil karakterisasi dengan *DAS-NI* dan kalibrator jofra.
4. Membandingkan hasil persamaan karakterisasi *pressure transducer* dengan simulasi *hydrostatic-test* dan pengujian dengan *DAS-NI* dan kalibrator jofra.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Inventarisasi Hasil Pengukuran Sensor *Pressure Transducer* pada Tangki *Heat Exchanger* dan *Inlet* Bundel Uji dengan *Hydrostatic-Test*.

Untuk mengetahui sensor-sensor yang akan dipantau melalui *DAS-NI* maka dilakukan observasi pada fasilitas eksperimen UUB. Dari hasil observasi diketahui terdapat 12 sensor termokopel, 2 *pressure transducer*, 2 flow meter dan 1 buah konduktivitas listrik.

Selanjutnya dilakukan inventarisasi bentuk sinyal keluaran dari masing-masing sensor untuk dapat dihubungkan dengan modul pengkondisi. Termokopel memberikan sinyal tegangan dan terhubung dengan modul NI-9213 pada kanal 0-11. *Flow meter* yang berjumlah 2 buah dan konduktivitas listrik memberikan sinyal arus 4–20 mA yang diambil dari fasilitas arus keluaran dari masing-masing alat ukur tersebut dan terhubung dengan modul NI-9203 pada kanal 0,1 dan 4. Sedangkan 2 buah *pressure transducer* memberikan sinyal arus 4–20 mA dengan catu daya DC 24 volt terhubung dengan modul NI-9203 pada kanal 2 dan 3. Pada penelitian ini telah dilakukan karakterisasi *pressure transducer* dengan *hydrostatic test* dan pengujian *DAS-NI* dilengkapi dengan kalibrator jofra. Program *virtual LabView* memproses sinyal arus dari alat ukur berdasarkan formula karakterisasi alat ukur tersebut. Formula karakterisasi diperoleh berdasarkan *regresi linier* dari data karakterisasi dengan variabel x adalah arus (mA) dan variabel y adalah besaran pengukuran dari alat ukur. Konfigurasi alat ukur *pressure transducer* berikut formula karakterisasinya di lakukan dengan *hydrostatic-test* yang dilengkapi *pressure gauge* dengan Amperemeter dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Skema Karakterisasi Pressure Transducer dengan Hydrostatic-Test

Dari gambar skema diatas pada *pressure transducer* diberikan tekanan dari *hydrostatic test* sebesar 0,2,4,6,8,10. Lalu pada masing-masing tekanan di hitung kuat arusnya dengan amperemeter. Percobaan ini dilakukan sebanyak lima kali. Dari masing-masing percobaan hasilnya di rata-rata untuk digunakan mencari fomulasi linear. Sedangkan formulasi linier diperoleh dengan metode *regresi linier* berdasarkan data arus *pressure transducer* dengan tekanan *pressure gauge* dengan amperemeter. Tujuan dari kegiatan ini adalah untuk mencari standar acuan kalibrasi *pressure transducer*. Dari hasil eksperimen maka di dapat hasil pengukuran sebagai berikut:

Tabel 1. Hasil Simulasi Pressure Transducer pada Tangki Heat Exchanger dengan Hydrostatic-Test

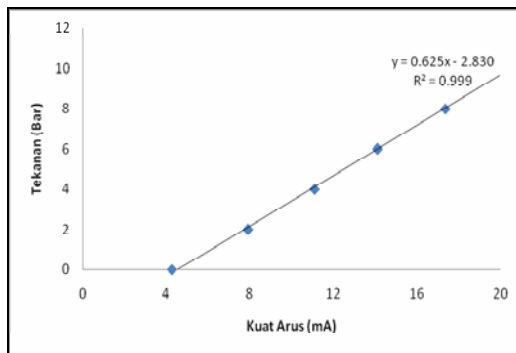
Tekanan (Bar)	Kuat arus (mA)					rata-rata
	1	2	3	4	5	
0	4,18	4,54	4,18	4,18	4,18	4,252
2	8,31	7,79	7,8	8,03	7,63	7,912
4	11,24	10,75	11,19	11,12	11,22	11,104
6	14,32	14,12	14,02	13,93	14,25	14,128
8	17,44	17,47	17,33	17,26	17,36	17,372
10	20,12	20,23	20,39	20,26	20,63	20,326

Tabel 2. Hasil Simulasi *Pressure Transducer* pada *Inlet Bundel Uji* dengan *Hydrostatic-Test*

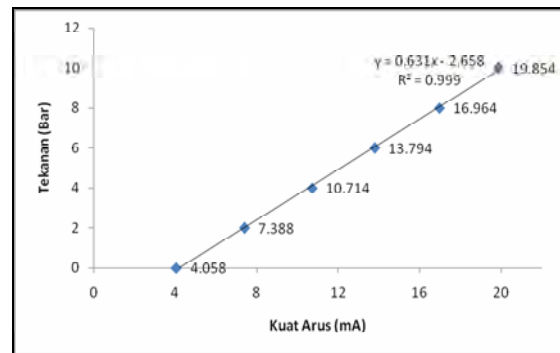
Tekanan (Bar)	Kuat arus (mA)					rata-rata
	1	2	3	4	5	
0	4,05	4,06	4,06	4,06	4,06	4,058
2	7,43	7,63	7,36	7,21	7,31	7,388
4	10,73	10,53	10,64	10,81	10,86	10,714
6	13,93	13,8	13,85	13,6	13,79	13,794
8	17,06	16,73	17,03	16,91	17,09	16,964
10	19,92	19,64	19,77	20,01	19,93	19,854

4.2. Formula Linier Karakterisasi yang diperoleh dengan Metode *Regresi Linier* Berdasarkan data Arus dan Tekanan dengan *Hydrostatic-Test* yang Dilengkapi pada *Pressure Gauge* dengan Ampermeter.

Dari data hasil simulasi *pressure transducer* dengan *hydrostatic-test* pada tangki *heat exchanger* dan *inlet bundel uji* maka dapat diperoleh hasil karakterisasinya dapat dilihat dari Gambar 7 dan Gambar 8.



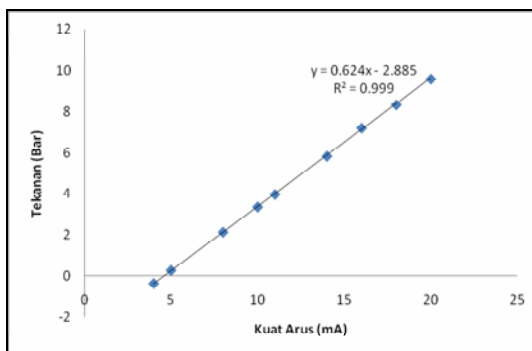
Gambar 7. Kurva Perbandingan Tekanan dan Kuat Arus di *Heat Exchanger*



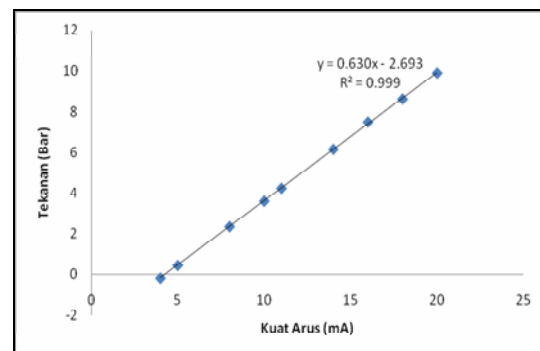
Gambar 8. Kurva Perbandingan Tekanan dan Kuat Arus di *Inlet Bundel Uji*

4.3. Hasil Pengujian Karakterisasi dengan DAS-NI dan Kalibrator Jofra

Setelah di dapat formulasi linear pada *pressure transducer* dengan *hydroststic-test* maka hasil formulasinya di masukkan ke program *Labview DAS-NI*. Setelah itu dilakukan pengujian dengan kalibrator jofra dan program *virtual labview DAS-NI* pada kanal yang terhubung dengan sensor. Kanal yang digunakan adalah kanal 2 dan 3 pada modul NI-9203, Dari hasil pengujian karakterisasi dengan *DAS-NI* dan kalibrator jofra dapat dilihat pada Gambar 9 dan Gambar 10.



Gambar 9. Kurva Perbandingan Tekanan dan Kuat Arus di *Tangki Heat Exchanger*



Gambar 10. Kurva Perbandingan Tekanan dan Kuat Arus di *Inlet Bundel Uji*

Sinyal fasilitas arus keluaran alat ukur dan sinyal tegangan termokopel disimulasikan dengan kalibrator yang diumpankan langsung pada modul pengendali NI-9203 untuk sinyal arus. Ketika program dieksekusi dengan mengaktifkan fasilitas penyimpanan, sinyal simulasi diumpankan pada sebuah kanal modul pengkondisi dengan mengkondisikan perubahan sesaat secara berulang kali. Pengkondisian perubahan tersebut dengan memutus dan langsung menghubungkan keluaran kalibrator pada kanal modul pengkondisi. Data pada front panel yang mewakili kanal tersebut terlihat berubah bersamaan dengan perubahan sinyal simulasi. Dari hasil pengujian terlihat semua data pada front panel yang mewakili kanal yang diuji ikut berubah saat diumpankan sinyal simulasi.

4.4. Perbandingan Hasil Persamaan Karakterisasi dengan *Hydrostatic-Test* dan Pengujian dengan DAS-NI dan Kalibrator Jofra.

Dari hasil persamaan simulasi karakterisasi dengan *hydrostatic-test* dan pengujian dengan DAS-NI dan kalibrator Jofra maka di peroleh di peroleh *error relatif* 2,63 % pada *pressure transducer* pada tangki *heat exchanger* dan 2,50 % pada *inlet* bundel uji. Dari hasil tersebut menghasilkan *error relatif* yang kecil sehingga *pressure transducer* tersebut dapat digunakan DAS-NI di fasilitas UUB.

Tabel 3. Hasil Perbandingan Persamaan Karakterisasi dengan *Hydrostatic-Test* dan Pengujian dengan DAS-NI pada Tangki *Heat Exchanger*.

Kuat Arus (mA)	<i>Hydrostatic Test</i> (Bar)	DAS NI (Bar)	<i>Error Relatif</i> (%)
4	-0,33	-0,389	17,88
5	0,295	0,259	12,20
6	0,92	0,881	4,24
7	1,545	1,503	2,72
8	2,17	2,125	2,07
9	2,795	2,747	1,72
10	3,42	3,369	1,49
11	4,045	3,991	1,33
12	4,67	4,613	1,22
13	5,295	5,235	1,13
14	5,92	5,857	1,06
15	6,545	6,479	1,01
16	7,17	7,101	0,96
17	7,795	7,723	0,92
18	8,42	8,345	0,89
19	9,045	8,967	0,86
20	9,67	9,589	0,84
Rata-rata <i>error relatif</i>			2,63

Pada pengukuran tekanan pada arus 4-5 mA dari hasil karakterisasi dengan *hydrostatic-test* dan pengujian dengan DAS-NI terdapat *error relatif* yang besar. hal ini

disebabkan oleh karena respon dari pressure transducer pada arus 4-5 mA terjadi transien pada masukan konstan, sensitivitas sensor, adanya gangguan dari dalam komponen elektronik, baik itu sebagai efek akibat dari efek pembebanan dan kualitas komponen dari pressure transducer tersebut.

Tabel 4. Hasil Perbandingan Persamaan Karakterisasi dengan *Hydrostatic-Test* dan Pengujian dengan *DAS-NI* pada *Inlet Bundel Uji*.

Kuat Arus (mA)	<i>Hydrostatic Test</i> (Ba)	<i>DAS NI</i> (Bar)	<i>Error Relatif</i> (%)
4	-0,134	-0,173	29,10
5	0,497	0,469	5,63
6	1,128	1,098	2,66
7	1,759	1,727	1,82
8	2,39	2,356	1,42
9	3,021	2,985	1,19
10	3,652	3,614	1,04
11	4,283	4,243	0,93
12	4,914	4,872	0,85
13	5,545	5,501	0,79
14	6,176	6,13	0,74
15	6,807	6,759	0,71
16	7,438	7,388	0,67
17	8,069	8,017	0,64
18	8,7	8,646	0,62
19	9,331	9,275	0,60
20	9,962	9,904	0,58
Rata-rata <i>Error relatif</i>			2,50

5. KESIMPULAN

Dari hasil karakterisasi *pressure transducer* dengan *hydrostatic-test* maka diperoleh formulasi linear $y = 0,625x - 2,83$ pada tangki *heat exchanger* dan $y = 0,631x - 2,658$ inlet bundel uji, Dari hasil pengujian menggunakan data simulasi *DAS-NI* diperoleh formulasi linear $y = 0,624x - 2,885$ pada tangki *heat exchanger* dan $y = 0,630x - 2,693$ pada inlet bundel uji. Dengan membandingkan hasil persamaan karakterisasi dengan *hydrostatic-test* dan pengujian dengan *DAS-NI* maka dapat di peroleh *error relatif* 2,63 % pada *pressure transducer* pada tangki *heat exchanger* dan 2,50 % pada inlet bundel uji.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. JUARSA, MULYA DKK., Laporan Analisis Keselamatan Eksperimen Post-LOCA menggunakan bagian uji QUEEN-II, PTRKN BATAN, Serpong, 2007.

-
- [2]. ISMU HANDOYO DKK., *Karakterisasi Perubahan Tekanan Dan Temperatur Pada Untai Uji Beta (UUB) Berdasarkan Variasi Debit Aliran*, Prosiding seminar penelitian dan pengelolaan perangkat nuklir, PTAPB BATAN, Yogyakarta, 2011.
 - [3]. _____, *Dictionary of scientific & technical terms*, 6 E, McGraw-Hill Companies, 2003,
 - [4]. _____, *Pressure Transmitter TPS20 series manual*, Konics, 2009.
 - [5]. ENDANG WIJAYA, *Teknik Elektronika Industri*, Teknik Elektro Politeknik Negeri Jakarta, 2011.
 - [6]. _____, *Instruction Manual Operating and Installation Manual NI-DAQmx 9,4*, National Instruments, 2011.
 - [7]. L/K WELL AND J. TRAVIS, *LabView for everyone: Graphical Programming Made Even Easier*, 2nd Edition, 1996.