

**VALIDASI DAN KARAKTERISASI *FLOW METER* E-MAG  
UNTUK PENGEMBANGAN SISTEM AKUISISI DATA FASILITAS  
EKSPERIMEN UNTAI UJI BETA**

G. Bambang Heru K., Ahmad Abtokhi, Ainur Rosidi  
Pusat Teknologi Reaktor dan Keselamatan Nuklir

**ABSTRAK**

**VALIDASI DAN KARAKTERISASI *FLOW METER* E-MAG UNTUK PENGEMBANGAN SISTEM AKUISISI DATA FASILITAS EKSPERIMEN UNTAI UJI BETA.** Pengembangan sistem akuisisi data fasilitas eksperimen Untai Uji BETA (UUB) berbasis komputer dilakukan untuk memperoleh data pengukuran secara *real-time* dan simultan. Diperlukan formulasi karakterisasi dari masing-masing parameter pengukuran sebagai dasar perhitungan dalam pembuatan program aplikasi akuisisi data sehingga data pengukuran dapat ditampilkan dan disimpan. Salah satu parameter pengukuran yang dikembangkan adalah debit aliran sisi sekunder UUB dimana formulasi karakterisasi diperoleh dengan menginterpolasi nilai pembacaan debit aliran dengan pengukuran nilai arus yang dihasilkan *flow meter* E-MAG untuk berbagai variasi kecepatan pompa. Dengan menggunakan metoda persamaan garis lurus, diperoleh formula karakterisasi debit aliran ( $Q$ ) =  $153.2 * \text{Arus (I)} - 605.4$ . Telah dilakukan pula validasi secara sederhana dengan membandingkan antara debit aliran pengukuran dengan debit aliran pembacaan dan diperoleh simpangan relatif sebesar  $\pm 2,93\%$ .

**Kata Kunci :** Untai Uji BETA, sistem akuisisi data, validasi dan karakterisasi, *flow meter*.

**ABSTRACT**

**VALIDATION AND CHARACTERIZATION of E-MAG FLOW METER FOR DATA ACQUISITION SYSTEM DEVELOPMENT of BETA TEST LOOP EXPERIMENTAL FACILITY.** Data acquisition system for BETA Test Loop Experimental Facility (UUB) has been developed to obtain the measurement data in real time and simultaneous. The characterizations of each measurement parameter are important in development of data acquisition system, as a basis for inputting the mathematical formula in data acquisition application program so that the measurement data can be displayed and stored. One of the measurement parameter that was developed is the flow rate of fluid in the secondary side of UUB, where the formulation is obtained by interpolating the the flow rate displayed and the current produced by flow meter E-MAG. By the linear interpolation, it has been obtained the characterization formula of the fluid debit  $Q = 153.2 * \text{current (I)} - 605.4$ . The simple validation has also been carried out by comparing the measurement of fluid flow rate and the displayed fluid flow rate and it is obtained the relative deviation of  $\pm 2.93\%$ .

**Keywords :** BETA Test Loop, data acquisition system, validation & characterization, *flow meter*.

**PENDAHULUAN**

Untai Uji BETA (UUB) merupakan sarana eksperimen untuk menunjang penelitian aspek keselamatan dari sisi fenomena termohidrolika reaktor pada suatu reaktor nuklir, baik untuk reaktor riset maupun reaktor daya. Keakuratan hasil data eksperimen dari fasilitas UUB sangat penting, untuk itu diperlukan adanya sistem suatu instrumentasi yang handal pada fasilitas

tersebut. Mengingat adanya kelemahan pada sistem instrumentasi UUB saat ini, dimana data hasil pengukuran masing-masing parameter termohidrolika seperti temperatur, tekanan dan debit aliran dipantau secara terpisah dan masih ada yang dilakukan secara manual, sehingga data yang terukur sering tidak tepat terhadap waktu. Oleh karena itu perlu dilakukan peningkatan kinerja sistem instrumentasi

dengan mengembangkan sistem akuisisi data berbasis komputer.

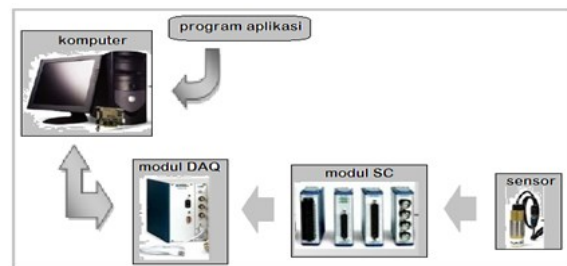
Dalam pengembangan sistem instrumentasi UUB digunakan modul sistem akuisisi data dari *National Instruments* (DAS-NI). Dalam pembuatan program aplikasi, diperlukan metoda pendekatan untuk memperoleh formula karakterisasi dari sinyal masukan pengukuran sebagai dasar perhitungan dan pengolahan data. Data pengukuran selanjutnya dapat ditampilkan dan disimpan secara *real-time* dan serempak pada seluruh kanal masukan.

Pada kegiatan ini dilakukan validasi dan karakterisasi parameter debit aliran piranti *flow meter* E-MAG yang terpasang pada sisi sekunder UUB sehingga diperoleh suatu karakterisasi debit aliran piranti tersebut. Dari hasil karakterisasi tersebut, melalui suatu pendekatan matematis, diperoleh formulasi debit aliran yang dapat digunakan sebagai dasar perhitungan dalam pembuatan program aplikasi sistem akuisisi data.

## TEORI

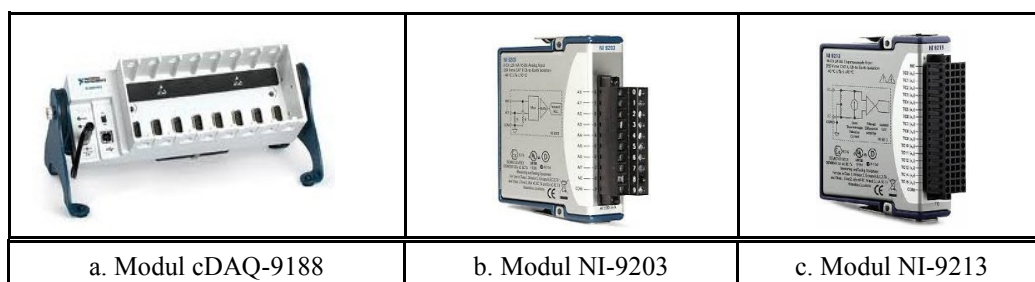
Sebuah sensor berfungsi untuk mengkonversi besaran fisik yang akan diukur menjadi besaran listrik. Sedangkan modul *Signal Conditioner* (SC) adalah rangkaian elektronik yang berfungsi untuk mengkondisikan keluaran sensor menjadi

besaran tegangan, arus atau frekuensi. Modul *Data Acquisition* (DAQ) berfungsi untuk mengubah sinyal keluaran modul SC menjadi sinyal digital dan komputer berfungsi untuk mengolah data pengukuran menjadi informasi yang dibutuhkan berdasarkan program aplikasi yang digunakan. Blok diagram sistem komputerisasi data pengukuran seperti ditunjukkan pada Gambar 1<sup>(1)</sup>.



Gambar 1. Blok diagram sistem komputerisasi data pengukuran

Sistem komputerisasi tersebut diterapkan dalam pengembangan instrumentasi sarana eksperimen UUB. Sebagai modul DAQ digunakan cDAQ-9188 yang mempunyai fasilitas 8 buah I/O. Modul SC digunakan NI-9203 untuk sinyal masukan arus dan NI-9215 untuk sinyal masukan tegangan<sup>(2)</sup>. Sebagai program aplikasi dipilih piranti lunak LabView-11<sup>(3)</sup>. Modul NI-9203 menyediakan 8 kanal masukan (ch0-ch7) sedangkan modul NI-9213 menyediakan 16 kanal masukan (ch0-ch15). Modul cDAQ-9188, NI-9203 dan NI-9213 dapat dilihat pada Gambar 2a, 2b dan 2c.

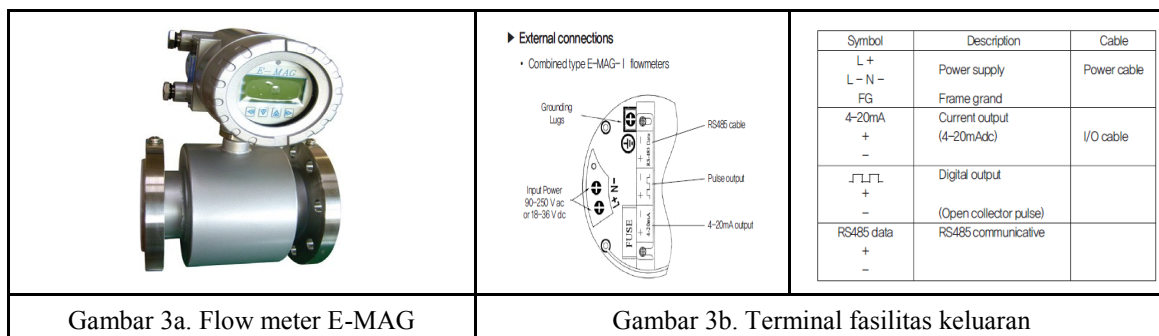


Gambar 2. Modul-modul Data Akuisisi NI

Prinsip kerja *flow meter* E-MAG yang terpasang pada sisi sekunder UUB berdasarkan induksi electromagnet<sup>(4)</sup>. Sebuah kumparan dan inti besi dipasang pada celah tabung untuk menghasilkan sinyal tegangan berdasarkan aliran fluida. Sepasang elektroda yang terpasang pada dinding tabung akan menerima sinyal tegangan tersebut secara proporsional terhadap kecepatan rata-rata aliran fluida. *Flow meter* E-MAG menyediakan beberapa fasilitas keluaran, salah satunya adalah arus keluaran 4-20 mA. Sebuah rangkaian *signal conditioning* berfungsi untuk mengubah tegangan menjadi arus, dimana

tegangan tersebut berasal dari hasil induksi elektromagnet. Gambar *flow meter* E-MAG dan terminal fasilitas arus keluaran dapat dilihat pada Gambar 3a dan 3b.

Terminal arus keluaran tersebut dihubungkan dengan modul NI-9203 pada ch0. Arus yang diterima modul NI-9203 diubah menjadi sinyal digital oleh modul cDAQ-9188, selanjutnya diolah piranti lunak LabView berdasarkan formulasi karakterisasi *flow meter* E-MAG menjadi data debit aliran sisi sekunder UUB yang ditampilkan dan disimpan secara komputerisasi.



Gambar 3a. Flow meter E-MAG

Gambar 3b. Terminal fasilitas keluaran

Gambar 3. Konfigurasi flow meter E-MAG

Formulasi karakterisasi *flow meter* E-MAG diperoleh dengan interpolasi linier dari data pengukuran besar arus yang dihasilkan *flow meter* terhadap debit aliran yang terbaca dengan memvariasi kecepatan pompa. Pada kegiatan ini, kecepatan pompa divariasikan dengan mengubah frekuensi putaran pompa sekunder dari 0-50 Hz. Untuk membaca arus keluaran dipergunakan kalibrator Jofra yang difungsikan sebagai pembaca<sup>(5)</sup>. Kalibrator Jofra merupakan sistem instrumentasi yang dapat dipergunakan sebagai sumber (*output*) atau sebagai pembaca (*input*) untuk berbagai parameter pengukuran instrumentasi dan sudah tersertifikasi sebagai

kalibrator. Gambar dari kalibrator Jofra dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Kalibrator Jofra

Validasi dilakukan untuk mengetahui akurasi pembacaan *flow meter* E-MAG. Validasi dilakukan secara sederhana dengan cara membandingkan debit aliran yang terbaca pada panel *flow meter* dengan debit aliran hasil pengukuran.

Debit aliran pengukuran ini diperoleh dengan cara menampung aliran air yang melewati *flow meter* dalam waktu tertentu. Debit dihitung berdasarkan *volume* air yang tertampung dibagi satuan waktu. Langkah validasi ini dilakukan beberapa kali dengan cara memvariasikan kecepatan pompa melalui perubahan frekuensi putaran.

## BAHAN DAN TATA KERJA

### Bahan

1. Kalibrator JOFRA
2. *Stop watch*
3. Ember
4. Gelas ukur
5. Komputer

### Tata Kerja

1. Baca dan catat debit aliran serta arus keluaran *flow meter* E-MAG sebelum pompa dihidupkan.
2. Variasikan debit aliran dengan mengubah frekuensi pompa 5 Hz. Tunggu sampai aliran stabil, tampung air yang keluar selama 10 detik (t) dan ukur *volumenya* (V) dengan gelas ukur, baca dan catat debit aliran serta arus keluaran *flow meter* E-MAG dengan kalibrator Jofra.
3. Ulangi langkah no 2 untuk frekuensi pompa 10 Hz sampai dengan 50 Hz dengan interval 5 Hz.
4. Hitung debit aliran pengukuran dengan formula  $V/t$

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Sesuai langkah kerja di atas, diperoleh data pengukuran debit aliran pengukuran, debit aliran pembacaan dan arus keluaran *flow meter* E-MAG untuk beberapa variasi debit aliran seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Data pengukuran *flow meter* E-MAG

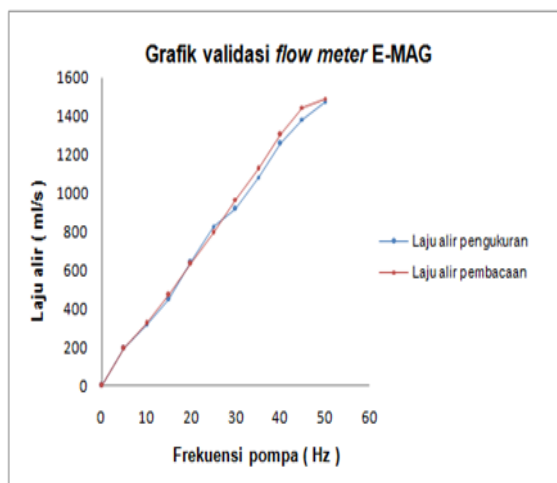
Frek. pompa ( Hz )	Debit aliran pengukuran (ml/s)	Debit aliran pembacaan (ml/s)	Arus ( mA )
0	0	0	4.02
5	189	191	5.24
10	317	321	6.09
15	444	471	7.08
20	640	631	8.12
25	827	795	9.19
30	917	967	10.27
35	1084	1125	11.31
40	1258	1305	12.44
45	1384	1445	13.44
50	1476	1493	13.67

### Validasi

Berdasarkan data pada Tabel 1 dapat diperoleh rata-rata simpangan relatif antara debit aliran pembacaan dengan debit aliran pengukuran untuk setiap variasi debit aliran seperti pada Tabel 2 dan grafiknya pada Gambar 5.

Tabel 2. Perbandingan debit aliran hasil pembacaan dan pengukuran.

Debit aliran pengukuran (ml/s)	Debit aliran pembacaan (ml/s)	Simpangan relatif (%)
0	0	0.00
189	191	1.06
317	321	1.26
444	471	6.08
640	631	1.41
827	795	3.87
917	967	5.45
1084	1125	3.78
1258	1305	3.74
1384	1445	4.41
1476	1493	1.15
Rata-rata simpangan relatif		±2,93

Gambar 5. Grafik validasi *flow meter* E-MAG

Dari grafik validasi terlihat profil debit aliran pembacaan dan pengukuran mendekati sama, dan berdasarkan perhitungan diperoleh simpangan relatif terkecil 1,06 %, simpangan relatif terbesar 6,08 % dan rata-rata simpangan relatif ±2,93 % seperti terlihat pada Tabel 2. Memang tidak dapat

dihindari adanya faktor kesalahan manusia dalam pengambilan data pengukuran, tetapi dengan nilai simpangan relatif tersebut dapat dinyatakan bahwa *flow meter* E-MAG telah tervalidasi.

### Karakterisasi

Untuk mendapatkan persamaan linier dengan dua data/titik yang diketahui dapat digunakan formula:

$$\frac{y-y_1}{y_2-y_1} = \frac{x-x_1}{x_2-x_1}$$

dengan hasil akhir dalam bentuk  $y = mx + c$ . Sesuai dengan tujuannya supaya data debit aliran *flow meter* E-MAG dapat dipantau secara komputerisasi melalui DAS-NI melalui *input* arus keluaran *flow meter*, maka dalam formula karakterisasi, arus keluaran diambil sebagai variabel  $x$  dan debit aliran sebagai variabel  $y$ . Pada kegiatan karakterisasi dilakukan pengambilan data sebanyak 10 kali seperti terlihat pada tabel 3.

Tabel 3. Data karakterisasi

No	Arus (mA)	Debit aliran pembacaan (ml/s)
1	4.02	0
2	5.24	191
3	6.09	321
4	7.08	471
5	8.12	631
6	9.19	795
7	10.27	967
8	11.31	1125
9	12.44	1305
10	13.44	1445

Jika data pertama dan kedua pada tabel 3 dimasukkan pada persamaan linier diperoleh:

$$\frac{y-0}{191-0} = \frac{x-4,02}{5,24-4,02}$$

dengan hasil akhir perhitungan  $y=156,6x-629,4$ .

Dengan cara yang sama dilakukan perhitungan untuk data lainnya sehingga di-

peroleh nilai rata-rata dari gradien (m) dan konstanta (c) seperti terlihat pada Tabel 4.

Berdasarkan hasil perhitungan seperti pada Tabel 4 diperoleh formula karakterisasi *flow meter* E-MAG sebagai Debit Aliran (Q) =  $153.2 \cdot \text{Arus (I)} - 605.4$ . Formula inilah yang akan menjadi masukan dalam program data akuisisi yang akan dikembangkan.

Tabel 4. Hasil perhitungan data karakterisasi

No	Arus awal (mA)	Arus akhir (mA)	Debit aliran awal (ml/s)	Debit aliran akhir (ml/s)	Gradien (m)	Konstanta (c)
1	4.02	5.24	0	191	156.6	-629.4
2	5.24	6.09	191	321	152.9	-610.4
3	6.09	7.08	321	471	151.5	-601.7
4	7.08	8.12	471	631	153.8	-618.2
5	8.12	9.19	631	795	153.3	-613.6
6	9.19	10.27	795	967	159.3	-668.6
7	10.27	11.31	967	1125	151.9	-593.2
8	11.31	12.44	1125	1305	159.3	-676.6
9	12.44	13.44	1305	1445	140.0	-436.6
Rata-rata :					153.2	-605.4

## KESIMPULAN

Telah dilakukan validasi dan karakterisasi *flow meter* E-MAG yang terpasang pada sisi sekunder fasilitas eksperimen UUB. Dari hasil validasi dapat disimpulkan bahwa *flow meter* E-MAG dapat dipergunakan sebagai alat ukur debit aliran dengan simpangan relatif  $\pm 2,93\%$  dan hasil karakterisasi memberikan formula

hubungan debit aliran terhadap arus keluaran *flow meter* sebagai Debit aliran (Q) =  $153.2 \cdot \text{Arus (I)} - 605.4$ . Formula karakterisasi ini dapat digunakan sebagai formula acuan dalam perhitungan yang dilakukan dalam program aplikasi DAS-NI sehingga data debit aliran *flow meter* E-MAG dapat dipantau dan disimpan secara komputerisasi.

## **DAFTAR PUSTAKA**

1. Wijaya, Endang, *Teknik Elektronika Industri*, Teknik Elektro, Politeknik Negeri Jakarta.
2. *Instruction Manual Operating and Installation Manual NI-DAQ mx 9.4*, National Instruments.
3. Well, L.K. dan Travis J. , *labView for everyone: Graphical Proramming Made Even Easier, 2<sup>nd</sup> Edition*, Prentice Hall, 1977.
4. *Instruction Manual Operating and Installation Manual Flow Meter E-MAG-Auto flow*.
5. *Instruction Manual Operating and Installation Manual JOFRA CP-2310-0599*.