

Perbandingan Metode Kalibrasi Jaringan Saraf Tiruan Dengan Persamaan Polynomial Pada Proses Kalibrasi Sensor Gaya 6 Aksis

Anton Royanto Ahmad¹, Roy Waluyo¹

¹ Program Studi Teknik Mesin,

Fakultas Teknik Universitas Ibn Khaldun Bogor

Corresponding author : anton.royanto@uika-bogor.com

Abstrak: Sensor gaya dan momen enam aksis telah banyak digunakan dan menjadi komponen yang sangat penting dalam otomasi dan robotika. Desain struktur, susunan *strain gage* dan kalibrasi menjadi faktor untuk mendapatkan sensor yang akurat dan *decoupled*. Dalam studi kali ini akan digunakan struktur silang dan susunan yang baru dengan menggunakan *strain gage* yang paralel. Dua tipe kalibrasi akan digunakan dan dibandingkan yaitu Jaringan saraf tiruan dan persamaan polynomial. Percobaan menggunakan gaya dan momen gaya secara terpisah menunjukkan bahwa jaringan saraf tiruan lebih baik ketimbang polynomial.

Kata kunci: kalibrasi, sensor gaya, persamaan polynomial

1. PENDAHULUAN

Dewasa ini, 6 aksis sensor gaya sudah banyak digunakan pada berbagai aplikasi, seperti pada robot industri, kebutuhan kesehatan, dan robot *humanoid* (1). Sensor gaya 6 aksis artinya untuk menghitung 3 gaya pada arah kartesian dan 3 buah momen secara bersamaan. Ada dua tipe dari sensor gaya berdasarkan hubungan sinyal output dengan gaya yang diberikan: *coupled* sensor dan *decoupled* sensor. *Coupled* sensor artinya ketika memberikan gaya murni pada salah satu aksis maka akan melibatkan beberapa sirkuit sinyal. *Decoupled* sensor artinya ketika memberikan gaya murni pada satu aksis maka hanya melibatkan satu sirkuit sinyal aksis tersebut saja. Keuntungan dari *decoupled sensor* adalah kemudahan dalam proses kalibrasi (2).

Ada banyak jenis metode kalibrasi dalam pembuatan *decoupled force sensor* seperti algoritma genetika, jaringan saraf tiruan (3; 4; 5), *least square*, FLANN (6), dan lain lain (7).

Dalam studi ini akan digunakan struktur silang, dengan menggunakan susunan *strain gage* yang baru. Kami akan menggunakan perbandingan kalibrasi Jaringan Saraf Tiruan dan persamaan polynomial.

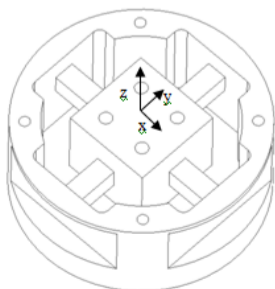
2. METODE

Metode penelitian dibagi menjadi beberapa tahap. Dimulai dari pemilihan desain struktur, memilih susunan *strain gage*, kemudian pemilihan metode kalibrasi.

Desain Struktur

Desain struktur yang digunakan dalam studi kali ini menggunakan desain yang dirancang oleh (2). Material struktur (lihat

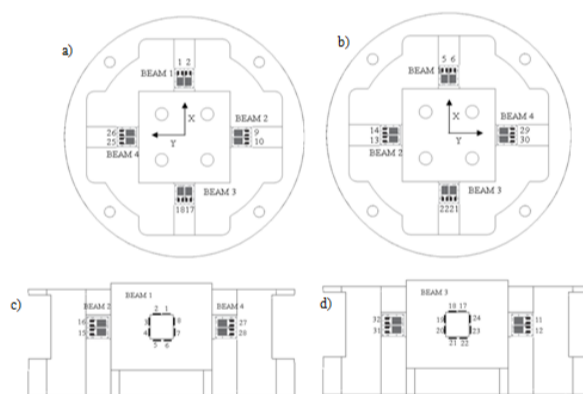
Gambar 1) yang digunakan dalam penelitian ini terbuat dari bahan Aluminum Alloy 7075-T6.



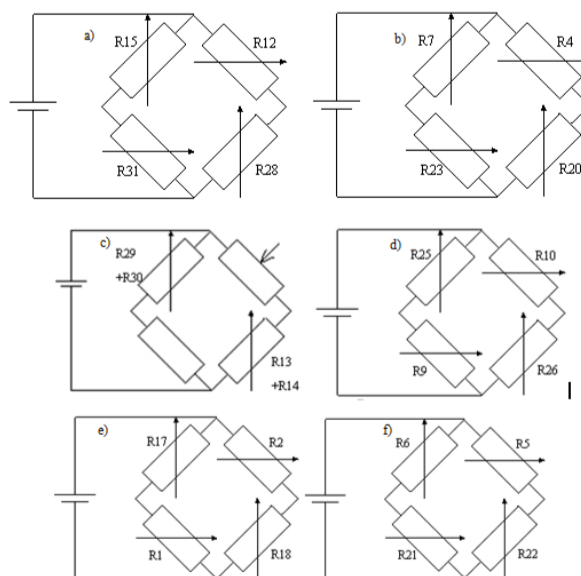
Gambar 1 Struktur Sensor Gaya

Susunan *Strain Gage*

Dalam studi kali ini digunakan transduser berupa *strain gage* dari HBM, tipe 1-DY43-3/350. Ini merupakan tipe *double strain gage* yang paralel. *Strain gage* memiliki hambatan sekitar 350 ohm. Gambar 2 menunjukkan susunan 32 *strain gage* yang digunakan. Total *strain gage* yang aktif adalah 24. Setiap empat buah *strain gage* disusun menjadi jembatan *Wheatstone*. Sehingga memiliki enam buah jembatan. Masing-masing jembatan diperuntukkan untuk mengukur enam aksis (lihat Gambar 3).



Gambar 2 Rancangan susunan *strain gage* a) tampak atas b) tampak bawah c) tampak depan d) tampak belakang



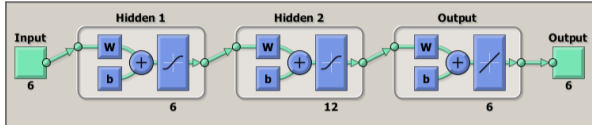
Gambar 3 Jembatan *Wheatstone* a) Aksis F_x b) Aksis F_y c) Aksis F_z d) Aksis M_x e) Aksis M_y f) Aksis M_z

Kalibrasi

Di dalam penelitian ini akan dibandingkan dua metode kalibrasi. Pertama menggunakan JST (4), kemudian yang kedua menggunakan persamaan polynomial (2; 1; 8).

Jaringan Saraf Tiruan

Berdasarkan penelitian yang berasal dari (4), jaringan memiliki dua layar tersembunyi seperti yang dijelaskan pada Gambar 4.



Gambar 4 Jaringan Saraf Tiruan Sensor Gaya 6 Aksis

Persamaan Polinomial

Hubungan antara sinyal dari transduser dan gaya atau momen yang diberikan kepada struktur adalah linear (2). Setiap jembatan dibuat khusus untuk menghitung satu aksis. Maka dari itu penelitian ini menggunakan persamaan polynomial (persamaan linear).

Piranti Kalibrasi

Untuk dapat menguji dan mengkalibrasi sensor gaya, maka dibuat piranti seperti pada Gambar 5. Piranti ini berguna untuk menghasilkan gaya dan momen gaya yang murni untuk aksis yang berbeda. Piranti ini terinspirasi dari hasil penelitian (2). Piranti ini terinspirasi dari hasil penelitian (2).



Gambar 5 Piranti Kalibrasi

3. HASIL DAN DISKUSI

Jaringan Saraf Tiruan

Tabel 1 menunjukkan hasil dari rata-rata error pada bacaan masing-masing sensor. Menunjukkan bahwa tingkat ketelitian force sensor adalah rerata error yang paling tinggi. Ketelitian force sensor dengan menggunakan metode kalibrasi Jaringan saraf tiruan adalah -8.00%.

Persamaan Polinomial

Error! Reference source not found. menunjukkan hasil dari rata-rata error pada bacaan masing-masing sensor. Menunjukkan bahwa tingkat ketelitian force sensor adalah rerata error yang paling tinggi. Ketelitian force sensor dengan menggunakan metode kalibrasi Persamaan Polinomial adalah 11.83 %.

Tabel 1 Hasil rata-rata error pada metode kalibrasi Jaringan Saraf Tiruan

Axis of Applied Loading

Reading	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
FX	-1.56	-0.14	0.25	-2.75	-4.87	1.18
FY	0.45	7.44	0.74	0.60	-2.64	-0.38
FZ	5.25	1.46	7.92	-0.05	-8.00	-7.10
MX	0.24	0.26	1.26	-4.61	-1.87	1.77
MY	1.54	-0.21	0.85	-0.97	-2.04	2.03
MZ	-0.28	-0.98	1.93	2.44	1.78	6.03

Tabel 2 Hasil rata-rata error pada metode kalibrasi Persamaan Polinomial

Reading	Axis of Applied Loading					
	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
FX	-1.50	-0.47	0.17	1.61	1.47	-4.43
FY	3.52	4.12	2.96	4.38	2.42	3.84
FZ	11.59	11.83	7.40	-5.57	-9.57	-4.34
MX	-1.13	-1.25	0.28	-5.6	0.45	0.48
MY	1.39	1.83	1.97	2.04	-1.10	4.68
MZ	-0.87	-1.24	1.00	1.18	0.15	1.04

4. KESIMPULAN

Desain struktur dan susunan *strain gage* berperan sangat besar dalam membuat *force sensor* yang *decoupled* (9). Dengan menggunakan desain struktur yang sama dengan studi terkini (2) dan dengan susunan *strain gage* yang terbaru akan mendapatkan hasil yang berbeda. Penggunaan jaringan saraf tiruan dapat meningkatkan akurasi (5; 4), dengan maksimum kesalahan adalah -8%. Metode JST lebih baik dari metode kalibrasi yang menggunakan Persamaan polynomial.

5. DAFTAR PUSTAKA

1. *Development of 6-axis force/moment sensor for a humanoid robot's intelligent foot.* **Kim, Gab-Soon, Shin, Hi-Jun dan Yoon, Jungwon.** 2008, Sensors and Actuators A, Vol. 141, hal. 276-281.
2. *Shape optimization of a mechanically decoupled six-axis force/torque sensor.* **Kang, Min-Kyung, Lee, Soobum dan Kim, Jung-Hoon.** 2014, Sensors and Actuators A, Vol. 209, hal. 41-51.
3. *Artificial Neural Networks in Measurements.* **Daponte, P dan Grimaldi, P.** 1998, Measurement, hal. 93-115.
4. *Neural-Network-Based Six-axis Force/Torque Robot Sensor Calibration.* **Yao, Zhihui, et al., et al.** s.l. : IEEE, 2010. 2010 International Conference on Electrical and Control Engineering.

5. *A New Robot Finger Force Sensor Using Neural Network.* **Kuribayashi, Katsutoshi, et al., et al.** Yokohama : IEEE/RSJ, 1993. International Conference on Intelligent Robots and Systems.
6. *Modeling of an intelligent pressure sensor using functional link artificial neural networks.* **Patra, Jagdish C. dan Bos, Adriaan van den.** 2000, ISA Transactions, hal. 15-27.
7. *Dynamic Decoupling and Compensating Methods of Multi-Axis Force Sensors.* **Xu, Ke-Jun dan Li, Cheng.** 5, s.l. : IEEE, 2000, Transactions on Instrumentation and Measurement, Vol. 49.
8. *Optimal design and experiment research of a fully pre-stressed six-axis force/torque sensor.* **Wang, Zhijun, et al., et al.** 2013, Measurement, Vol. 46, hal. 2013-2021.
9. *Shape optimal design and force sensitivity evaluation of six-axis force sensors.* **Chao, Lu-Ping dan Chen, Kuen-Tzong.** 2, 1997, Sensors and Actuators A, Vol. 63, hal. 105-112.
10. *Development of the 6-axis force/moment sensor for an intelligent robot's gripper.* **Park, Joong-Jo dan Kim, Gab-Soon.** 2005, Sensors and Actuators A, hal. 127-134.
11. *Design and evaluation of a six-component load cell.* **Joo, J.W., Na, K.S. dan Kang, D.I.** 2002, Measurement, hal. 125-133.