

Perancangan, pembuatan dan pengujian Sensor Sudut Cerdas (Intelligent Angle Sensor)

Muljowidodo⁽¹⁾ dan Muhammad Nur Muhadi⁽¹⁾

⁽¹⁾Laboratorium Otomasi & Sistem Produksi

Jurusan Teknik Mesin FTI - ITB

Telp./Fax. :022-2503775

Dot@bdg.centrin.net.id, dot@tekprod.ms.itb.ac.id

Ringkasan

Sensor sudut banyak digunakan untuk berbagai sistem yang memerlukan informasi mengenai orientasi sudut dari sistem yang bergerak. Sensor sudut yang dilaporkan disini, merupakan sensor sudut yang tidak dilengkapi dengan sistem peredam, sehingga input lain yang berupa getaran akan terukur pula. Algoritma yang dikembangkan secara cerdas akan menghitung dan memisahkan input yang tidak dikehendaki tersebut dan hasilnya dibandingkan dengan input ideal, dimana input yang diberikan terbebas dari input lain yang berupa getaran.

Abstract

Angle sensor has been used in many systems demanding angle information of moving object. Angle sensor reported here has no damping as well as filtering system, therefore vibration information inherently in the construction of sensor will be included in the measured data. Algorithm in the intelligent control system will calculate the angle value separated from any vibration data, and the results have been compared to the ideal value where no vibration occurs during measurement.

Key words ; Sensor, intelligent system, angle measurement.

1. PENDAHULUAN

Beberapa topik penelitian yang sedang dilaksanakan di Laboratorium Otomasi & Sistem Produksi yang berkaitan dengan kelautan, yaitu *Autonomous Submarine* dan Sistem Pengatur Kapal Laut jenis SWATH (*Small Waterplane Area Twin Hull*), memerlukan adanya sensor sudut yang dapat secara langsung memberikan informasi mengenai perubahan *Roll* dan *Pitch* dari kedua jenis kendaraan tersebut dalam pengoperasiannya.

Dua jenis sensor sudut dikembangkan di Laboratorium tersebut, yaitu yang pertama dilengkapi dengan sistem peredam *viscous* untuk menghilangkan input getaran frekwensi tinggi secara mekanik dan yang kedua tidak dilengkapi dengan sistem peredaman sinyal. Sinyal input bersama getaran yang terukur akan dihitung

dengan metoda perhitungan harga rata-rata, untuk mendapatkan sinyal sudut yang diinginkan.

2. RANCANGAN SENSOR

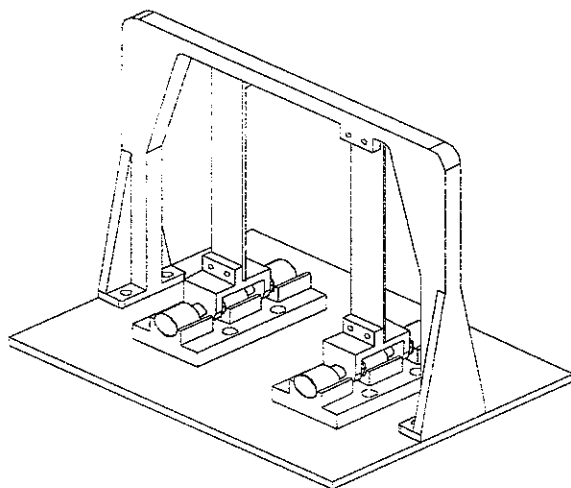
Sensor yang digunakan dalam penelitian ini dirancang, dibuat dan disesuaikan dengan dimensi komponen yang ada dipasaran, terutama adalah dimensi dari inti ferrit serta pelat baja.

2.1 Konstruksi Mekanik Sensor

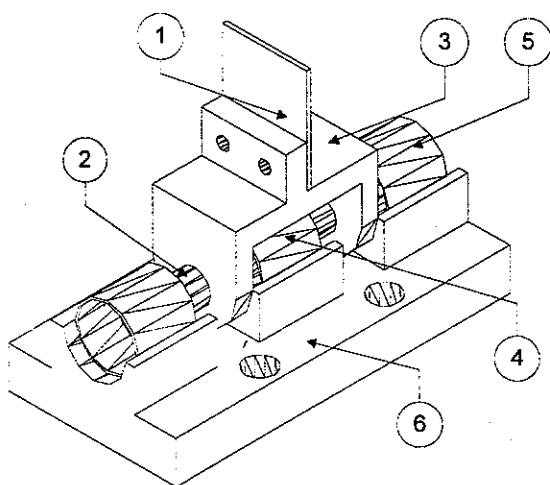
Konstruksi mekanik sensor sudut 1 derajat kebebasan diperlihatkan dalam Gambar (1), dimana terlihat dua buah masa yang digantung pada pelat baja. Adanya kemiringan sudut yang terjadi pada rangka akan menyebabkan defleksi

pada pelat baja tersebut. Defleksi yang terjadi pada pelat baja tersebut kemudian diukur dengan sensor LVDT (*Linear Variable Differential Transformer*), yang dipasangkan pada masa yang tergantung diujung pelat.

Digunakannya dua pasangan massa dan pelat baja tersebut dimaksudkan untuk menghilangkan fenomena "dead zone" yang terdeteksi pada percobaan yang hanya menggunakan satu pasangan masa dan pelat baja.



Gambar 1 : Konstruksi mekanik sensor sudut



Gambar 2 : Konstruksi sensor LVDT

Konstruksi dari LVDT yang dirancang dan dibuat diperlihatkan dalam Gambar (2), dimana

beberapa komponen utamanya adalah sebagai berikut :

- Pelat Baja yang dihubungkan dengan Inti LVDT
- Inti Ferrit LVDT
- Pemegang Inti Ferrit
- Lilitan Kawat Primer
- Lilitan Kawat Sekunder
- Landasan LVDT

2.2 Perhitungan Dimensi Utama Sensor

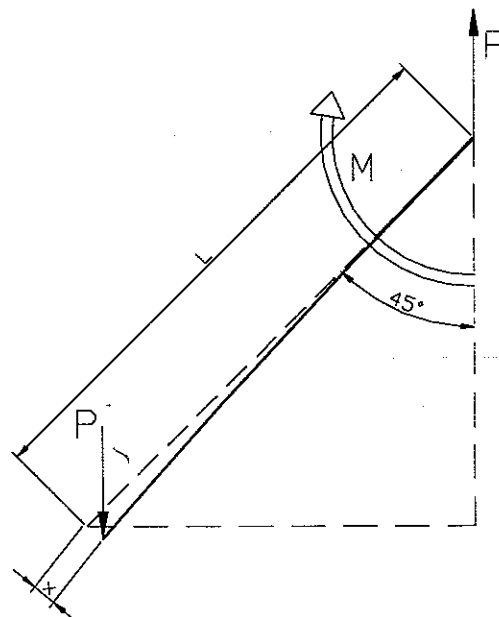
Beberapa dimensi utama dan perhitungan inersia serta defleksi pada sudut kemiringan 45° diuraikan berikut ini :

- Bahan Pelat Baja
Modulus Elastisitas : $207 \text{ Gpa}(207 \cdot 10^9 \text{ N/m}^2)$
Lebar : 20 mm
Tebal : $0,75 \text{ mm}$

- Momen Inersia

$$I = \frac{Bh^3}{12} = \frac{20 \cdot 10^{-3} \times 0.75 \cdot 10^{-3}}{12} = 7.031 \cdot 10^{-13} \text{ m}^4$$

- Defleksi pada kemiringan sudut 45°
Apabila sensor dimiringkan dengan sudut kemiringan 45° seperti yang diperlihatkan dalam Gambar (3), maka bila :



Gambar 3 : Defleksi pada kemiringan sudut 45°

Berat masa : 0,1 kg
 Panjang Pelat : 130 mm
 Panjang lengan momen : $L \cdot \sin 45^\circ = 9.192 \cdot 10^{-2}$

Defleksi yang terjadi :

$$x = \frac{PL^3}{3EI} = \frac{0.1 \cdot 10(0.09192)^3}{3 \times 207 \cdot 10^9 \times 7.031 \cdot 10^{-13}} = 1.7787 \cdot 10^{-3}$$

$$x = 1.7 \text{ mm}$$

Besarnya defleksi ini kemudian digunakan sebagai dasar perancangan konstruksi sensor LVDT seperti yang diperlihatkan dalam Gambar (2).

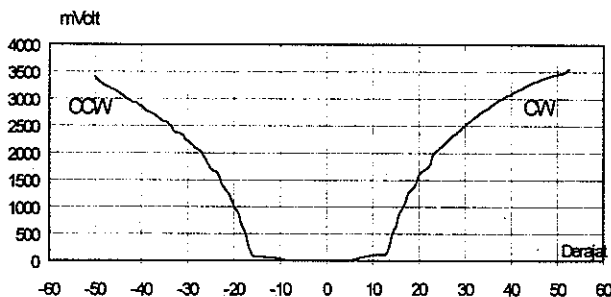
3. HASIL PENGUJIAN SENSOR

Pengujian yang dilakukan pada sensor meliputi pengujian statis dan pengujian dinamis. Pada pengujian tersebut sensor dipasang pada *Precision Deviding Head "Jena"* dengan resolusi 5 detik arc yang digunakan pula sebagai kalibrator.

3.1 Pengujian Statis

a. Pengujian Awal dengan 1 Sensor LVDT

Pengujian awal dilakukan dengan mengukur output LVDT dibandingkan dengan posisi sudut kemiringan dan diperoleh data pengujian seperti yang diperlihatkan dalam Gambar (4).



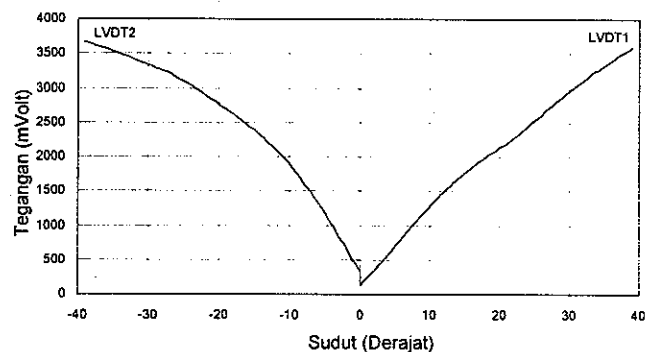
Gambar 4 : Hasil pengujian awal LVDT 1 dalam arah CW dan CCW

Dari data diatas dapat dilihat besarnya daerah dead zone yang terjadi, sehingga untuk memperbaiki data pengujian tersebut digunakan

2 buah LVDT secara serentak dengan mengatur agar daerah dead zone tersebut dihilangkan dengan menggeser masing-masing inti ferrit tidak lagi ditengah-tengah antara kedua lilitan sekunder tapi dengan diberi sedikit *offset*.

b. Pengujian dengan 2 Sensor LVDT

Hasil pengujian untuk sensor yang menggunakan 2 buah LVDT diperlihatkan dalam Gambar (5), dimana sensor LVDT 1 diambil datanya untuk arah kemiringan sudut CW dan sensor LVDT 2 diambil datanya untuk arah kemiringan sudut CCW.

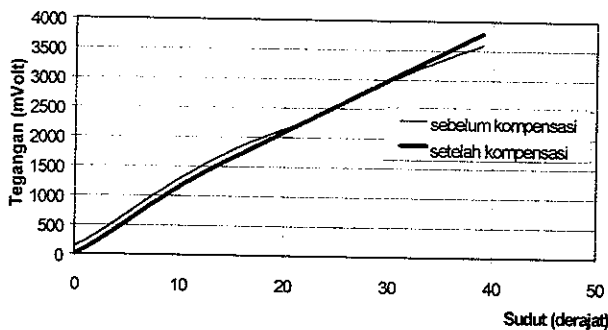


Gambar 5 : Hasil pengujian arah CW (LVDT 1) dan arah CCW (LVDT 2)

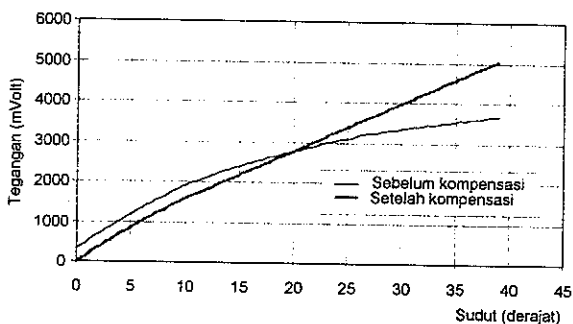
Terlihat dari grafik diatas, harga output kedua LVDT pada sudut kemiringan 0° tidak sama dengan 0 Volt, karena posisi dari inti ferrit yang tidak bisa diatur secara tepat, agar memberikan harga keluaran = 0 Volt.

Terlihat pula grafik yang bentuknya tidak linier, mengingat defleksi pelat baja juga tidak linier sifatnya. Untuk itu maka dilakukan perhitungan kompensasi, baik untuk menghilangkan harga offset pada sudut kemiringan 0° , maupun untuk membuat agar grafik tersebut menjadi linier.

Hasil dari perhitungan kompensasi tersebut diperlihatkan dalam Gambar (6), untuk arah pengukuran CW yang dihasilkan oleh sensor LVDT 1, serta Gambar (7), untuk arah pengukuran CCW yang dihasilkan oleh sensor LVDT 2.



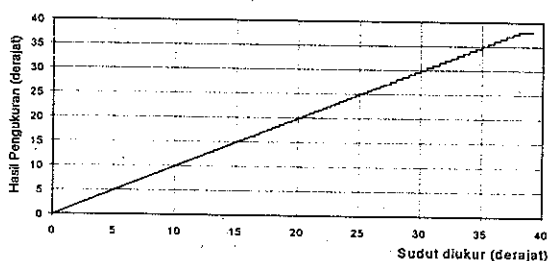
Gambar 6 : Grafik pengukuran setelah kompensasi untuk LVDT 1 (CW)



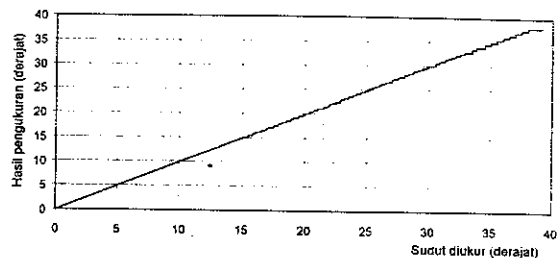
Gambar 7 : Grafik pengukuran setelah kompensasi untuk LVDT 2 (CCW)

c. Hasil Kalibrasi

Dengan memasukkan data output dalam bentuk data digital melalui ADC, pada suatu *Look Up Table* yang dibandingkan dengan posisi sudut kemiringannya *Precision Deviding Head*, maka dapat diperoleh hubungan antara hasil pengukuran dengan sudut kemiringan yang ditunjukkan oleh *Precision Deviding Head* yang diperlihatkan dalam Gambar (8) untuk sensor LVDT 1 (CW) dan Gambar (9) untuk sensor LVDT 2 (CCW).



Gambar 8 : Grafik kalibrasi sudut sensor LVDT 1 (CW)



Gambar 9 : Grafik kalibrasi sudut sensor LVDT 2 (CCW)

Dari hasil kalibrasi tersebut dapat dihitung besarnya resolusi yang dapat diberikan oleh kedua sensor tersebut adalah sbb.:

Selang 0° - 16°	: 10 menit sudut
Selang 16° - 27°	: 20 menit sudut
Selang 27° - 35°	: 30 menit sudut

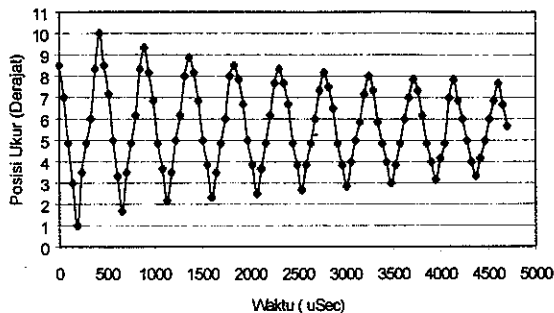
Dalam kondisi terjelek maka sensor memiliki resolusi sekitar 0.5° sudut, dimana untuk penggunaan tertentu, resolusi ini cukup memadai.

3.2 Pengujian Dinamis

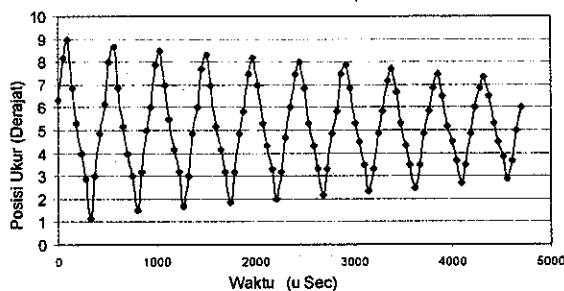
Dari hasil pengujian yang dilakukan secara terpisah untuk mengetahui frekuensi pribadi dari sensor dengan menggunakan peralatan MSA (*Multi Channel Signal Analyzer*), maka diperoleh data mengenai frekuensi pribadi dari sensor tersebut sebesar 214 Hz.

Untuk memperoleh jumlah data yang cukup guna menghitung sudut kemiringan yang dikeluarkan oleh sensor LVDT dengan gangguan getaran yang terjadi, maka ditentukan paling tidak harus ada 10 data untuk setiap selang waktu yang ditentukan oleh frekuensi pribadinya tersebut.

Untuk itu maka pengambilan data dilakukan dengan frekwensi pengambilan sebesar 2140 data perdetik atau satu data setiap 0.467 mdetik. Setiap pengukuran dilakukan dengan mengambil 100 data dan hasil pengukuran untuk sensor LVDT 1 (CW) diperlihatkan dalam Gambar 10, sedangkan Gambar (11) memperlihatkan hasil pengukuran untuk sensor LVDT 2 (CCW), dilakukan masing-masing dalam posisi sudut kemiringan 5°.



Gambar 10 : Grafik sampling data pengukuran dinamik LVDT 1 (CW)

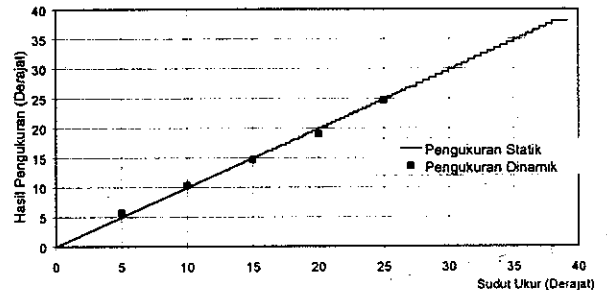


Gambar 11 : Grafik sampling data pengukuran dinamik LVDT 2 (CCW)

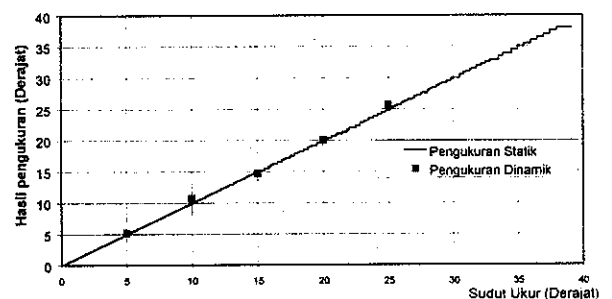
Pengujian dilakukan untuk beberapa sudut kemiringan yang berbeda, yaitu 5° , 10° , 14° , 20° , 25° dan untuk setiap sudut kemiringan dilakukan pengukuran sebanyak 10 kali dan hasilnya diambil rata-ratanya. Harga standar deviasi untuk sensor LVDT 1 adalah 0.284824° dan untuk sensor LVDT 2 sebesar 0.297248° .

Dari hasil pengujian ini diperlihatkan kesalahan sudut maksimum dalam kondisi dinamis adalah kurang dari 1° .

Hasil pengujian dinamik untuk kedua sensor tersebut masing-masing kemudian dibandingkan dengan hasil pengujian statisnya dimana hasil perbandingan tersebut diperlihatkan dalam Gambar (12) untuk sensor LVDT 1 (CW) dan untuk sensor LVDT 2 (CCW) pada Gambar (13).



Gambar 12 : Perbandingan hasil pengujian statik & dinamik LVDT 1 (CW)



Gambar 13 : Perbandingan hasil pengujian statik & dinamik LVDT 2 (CCW)

4. KESIMPULAN

- Sensor sudut berdasarkan prinsip defleksi kantilever dan sensor LVDT telah dapat dibuat dan diuji dengan hasil yang cukup memadai untuk maksud penggunaan tertentu.
- Kecerdasan dari sensor sudut yang dibuat telah mampu mengolah data dan melakukan berbagai kompensasi secara otomatis atas berbagai sumber kesalahan yang ada, sehingga mampu mengukur posisi sudut dengan kesalahan maksimum 1° , baik pada kondisi pengujian statis maupun dinamis.

Daftar Pustaka :

- Muljowidodo, Indra Djodikusumo
Buku "Mekatronika" - HEDS-JICA, 1996
- Trans-Tek Engineering, 1992
"Handbook of Transducer, Design, Engineering and Application"
- Edmund Schiessle
"Sensortechnik und Meßwert-aufnahme"
Vogel, 1992