

PEMBUATAN *SIGNAL CONDITIONING* UNTUK SENSOR LVDT (*LINEAR VARIABLE DIFFERENTIAL TRANSFORMER*)

Masria Pane¹, Sigit Arianto²

Bisman Perangin-angin³, Takdir Tamba³

¹Mahasiswa Fisika FMIPA USU

Email : riya_pane@yahoo.com, HP : 081397372034

²Peneliti P2F LIPI

Email : arianto17@yahoo.com, HP : 081220515146

³Dosen Fisika FMIPA USU

Email : bipesu@yahoo.com, HP : 081264004407

Email : tambatj@gmail.com, HP : 081361770165

ABSTRACT

LVDT (Linear Variable Differential Transformer) is one type of displacement sensors. Oscillator and demodulator circuits are designed using the Op Amp. The LVDT sensors work on the principle of magnetic flux in the iron core generated by induction from the primary coil. LVDT input voltage is an alternating voltage (AC), so that the output voltage is also generated in the form of alternating voltage. AC magnitude is obtained by shifting the sensor core by using a micrometer screw. The shift can be seen in the waves generated by analyzing the oscilloskop. The resulting waveform changes showed a shift towards the core position of the secondary coil and two secondary one. Position of the input signal that is triggered by a sine wave oscillator circuit which is then transmitted to a primary LVDT input voltage to the sensor LVDT and the voltage of the secondary must be demodulated to produce a DC voltage.

Keyword: Signal conditioning, LVDT, Displacement

PENDAHULUAN

Ketergantungan masyarakat dan industri di seluruh dunia akan ketersediaan pengukuran yang akurat terus-menerus meningkat. Akses pengukuran yang akurat sangat penting untuk memenuhi indikasi dan persyaratan untuk proses kontrol pada industri, peralatan pabrik, peralatan rumah tangga, sistem otomotif dalam pesawat dan produk konsumen. Berbagai teknologi digunakan untuk parameter-parameter, sensor secara spesifik diperlukan untuk memenuhi persyaratan pabrik. Sensor digunakan dalam mobil untuk mengukur kinerja dari parameter-parameter yang terkait, termasuk posisi *throttle* (mengatur kecepatan fluida), suhu, komposisi gas buangan, tinggi suspensi, posisi pedal, posisi gigi transmisi dan kecepatan kendaraan. LVDT (*Linear Variable Differential Transformer*) merupakan salah satu jenis sensor perpindahan. Sensor LVDT

ini bekerja jika sudah ada pengkondisi sinyal. Untuk membuat *signal conditioning* ada yang memakai chip yang sudah jadi, memakai EL-35 seri, memakai OP Amp dan ada yang menggunakan AD598. Karena harga sensor LVDT (*Linear Variable Differential Transformer*) yang sudah memiliki pengkondisi sinyal mahal maka penulis membuat *signal conditioning* yang sederhana dengan menggunakan chip-chip sederhana yang ada di Indonesia. Proses perancangan yang dilakukan meliputi perancangan catu daya dan perancangan pengkondisi sinyal.

TINJAUAN PUSTAKA

Sensor

Sensor adalah alat yang digunakan untuk mendeteksi dan sering berfungsi untuk mengukur magnitude sesuatu. Sensor adalah jenis transduser yang digunakan untuk mengubah variasi mekanis, magnetis, panas, sinar dan kimia menjadi tegangan dan arus

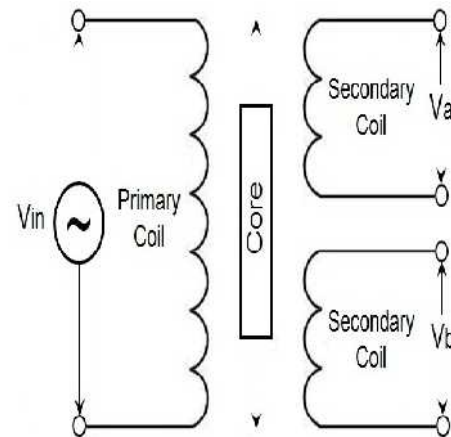
listrik. Sensor biasanya dikategorikan melalui pengukur dan memegang peranan penting dalam pengendalian proses pabrikasi modern.

LVDT adalah sensor perpindahan yang mengubah posisi atau perpindahan linear dari referensi mekanik (nol, atau posisi nol) menjadi sinyal listrik yang sebanding dengan fase (untuk arah) dan amplitude (untuk jarak). LVDT merupakan salah satu bentuk yang paling umum dari beberapa macam sensor pergeseran. Secara umum LVDT terdiri atas tiga buah kumparan yang dililitkan segaris pada batang yang berlubang terisolasi yang didalamnya terdapat inti besi nikel yang dapat bergerak. Titik pusat dari ketiga kumparan ini dicatu oleh sumber arus bolak-balik dan dengan inti besi yang dapat bergerak yang berada di posisi tengah, gaya gerak listrik yang sama besar akan terinduksi pada kedua kumparan yang lain yang secara efektif merupakan kumparan sekunder dari sebuah transformator. Ketika kumparan primer terhubung dengan tegangan gelombang sinus (V_{in}), tegangan ini menghasilkan arus pada gulungan primer LVDT, merupakan fungsi dari impedansi masukan. Pada akhirnya, variabel arus ini menghasilkan variabel fluks magnet yang disalurkan oleh inti permeabilitas tinggi feromagnetik, menginduksi tegangan sekunder gelombang sinus V_a dan V_b . Sementara gulungan sekunder dirancang sedemikian rupa sehingga amplitudo tegangan keluaran differensial ($V_a - V_b$) sebanding dengan posisi inti, fase ($V_a - V_b$) mengacu pada tanggapan, yang disebut "Phase Shift" (mendekati 0 atau 180 derajat) menetapkan arah yang jauh dari posisi nol. Zero disebut posisi nol, didefinisikan sebagai posisi inti di mana pergeseran fasa dari keluaran differensial ($V_a - V_b$) adalah 90 derajat.

Karakteristik LVDT

Ketika berada pada posisi paling kiri (yaitu, ketika ujung kiri inti mencapai ujung kiri kumparan Sekunder 1), induktansi timbal balik antara kumparan primer dan kumparan sekunder 1 maksimal sementara induktansi timbal balik antara kumparan primer dan kumparan sekunder 2 minimal. Demikian pula sebaliknya adalah ketika inti tersebut akan dipindahkan ke posisi paling kanan

maka Induktansi Primer dan kumparan sekunder 2 maksimal. Sedangkan induktansi timbal balik antara kumparan primer dan sekunder 1 minimal.



Gambar 1. Skema LVDT

Perbedaan output antara dua output sekunder ($V_a - V_b$) ketika inti berada pada posisi nol disebut Tegangan Nol, seperti pergeseran fasa pada posisi nol adalah 90 derajat, tegangan nol adalah "kuadratur" tegangan. Tegangan sisa ini lemah. Hal ini disebabkan sifat kompleks dari model listrik LVDT, yang meliputi kapasitansi parasit dari gulungan. Kompleksitas ini juga menjelaskan mengapa pergeseran fasa ($V_a - V_b$) tidak persis 0 atau 180 derajat ketika intinya berada pada posisi nol.

Operational Amplifier

Desain analog lebih sulit dari desain digital karena desainer harus memperhitungkan semua kondisi dalam bentuk analog, sedangkan kondisi digital hanya dua keadaan yang dipertanggung jawabkan. Pada umumnya amplifier terdiri dari :

Op Amp non inverting

Op Amp non inverting memiliki sinyal masukan yang dihubungkan ke input non invertingnya, sehingga sumber input terlihat seperti impedansi tak terbatas. Tidak ada tegangan offset masukan karena $V_{os} = V_E = 0$. Oleh karena itu input negatif harus berada pada tegangan yang sama dengan input positif.

Op Amp inverting

Input non inverting dari rangkaian Op Amp adalah ground. Satu asumsi dibuat bahwa input tegangan error adalah nol, sehingga

umpan balik terus membalik masukan dari Op Amp pada virtual ground (bukan ground sebenarnya tetapi bertindak seperti ground).

Rangkain penjumlah

Sebuah rangkaian penjumlah dapat dibuat dengan menghubungkan input yang lebih ke Op Amp invertng. Ujung resistor terhubung ke input invertng yang terhubung dengan virtual ground oleh umpan balik, sehingga menambah masukan baru yang tidak mempengaruhi respon masukan yang ada.

Rangkaian Penguat diffrensial

Rangkaian penguat diferensial memperkuat perbedaan antara sinyal yang diterapkan pada input. Superposisi digunakan untuk menghitung tegangan keluaran yang dihasilkan dari masing-masing tegangan masukan, dan kemudian dua tegangan keluaran ditambahkan untuk mencapai output akhir tegangan.

Signal Conditioning

Conditioner signal mengubah sinyal dengan cara yang dikehendaki untuk lebih mempermudah pengukuran sinyal atau membuatnya lebih stabil. Sinyal saat ini kadang-kadang digunakan karena sensitif terhadap kesalahan seperti radiasi, noise dan tegangan yang turun karena melewati resistansi. Sistem pengkondisi sinyal harus mengkonversi sinyal arus ke sinyal tegangan. Pengkondisi sinyal umumnya digunakan untuk menghilangkan beban. Untuk mengetahui fungsi pengkondisi sinyal lebih luas adalah sebagai berikut.

Penguatan (Amplification)

Karena di dunia nyata sinyal biasanya sangat kecil ukurannya. Amplifier menaikkan level sinyal masukan untuk lebih cocok dengan jangkauan, sehingga dapat meningkatkan resolusi dan sensitivitas pengukuran. Amplifikasi ini diperlukan apabila output sensor terlalu rendah untuk langsung bermanfaat pada pengukuran atau pada sistem pengendali.

Peredaman (Attenuation)

Peredaman adalah kebalikan dari penguatan. Bentuk pengkondisian sinyal ini mengurangi tegangan dari sinyal input sehingga sinyal AC berada dalam jangkauan sebelum pengukuran. Peredaman diperlukan untuk pengukuran tegangan tinggi.

Penyaringan (Filter)

Pengkondisi sinyal meliputi filter yang dapat menolak noise yang tidak diinginkan dalam kisaran frekuensi tertentu. Kegunaan umum yang lain dari filter adalah untuk mencegah keterlambatan sinyal. Sebuah fenomena yang muncul ketika sinyal *undersampled* (sample terlalu terlambat).

Isolasi

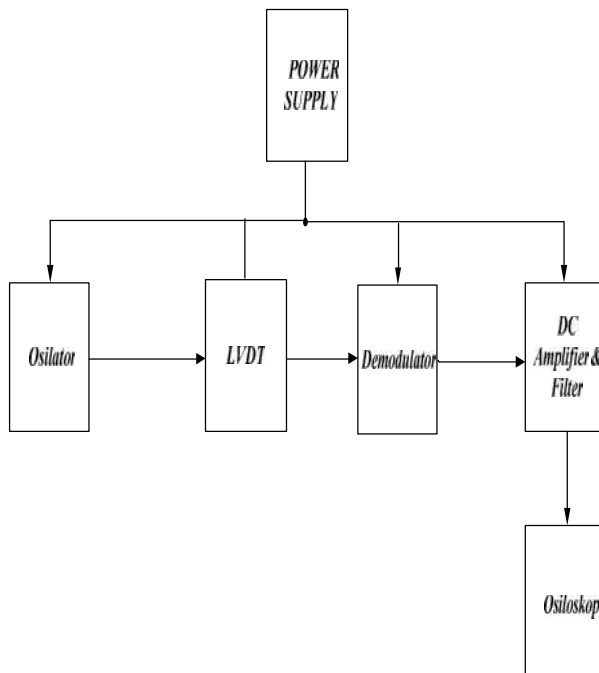
Grounding yang tidak tepat dari sistem adalah salah satu penyebab paling umum untuk masalah pengukuran, termasuk noise dan perangkat pengukuran yang rusak. Pengkondisi sinyal dengan isolasi dapat mencegah sebagian besar masalah ini. Perangkat tersebut melewati sinyal dari sumbernya ke perangkat pengukuran tanpa hubungan fisik dengan menggunakan transformator.

Tujuan dan Manfaat

Tujuan yang hendak dicapai pada Tugas Akhir ini, yaitu pembuatan signal conditioning sederhana untuk LVDT (Linear Variable Diffrential Transformer). Pengembangan sinyal conditioning untuk LVDT ini dibuat sederhana dengan menggunakan chip. Signal conditioning untuk sensor LVDT ini diharapkan dapat digunakan untuk pengembangan pada aplikasi tertentu.

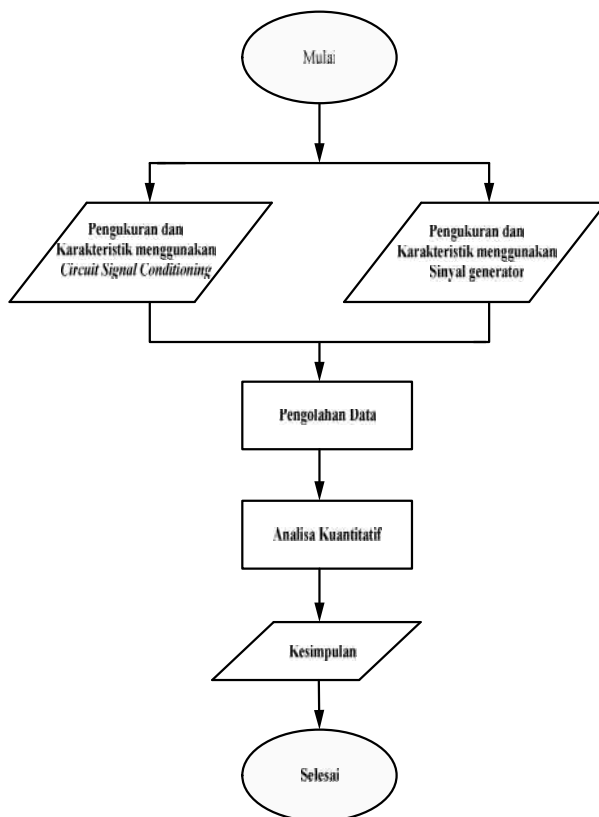
METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah merancang sistem pengkondisi sinyal untuk sensor LVDT. Power supply digunakan sebagai sumber tegangan, tegangan masukannya +8 volt dan -8 volt. Tegangan dari power supply masuk ke rangkaian osilator dan rangkaian demodulator. Sinyal posisi input dipicu oleh rangkaian osilator kemudian ditransmisikan ke primer LVDT yang menjadi tegangan input untuk sensor LVDT dan tegangan dari sekunder harus didemodulasikan untuk menghasilkan tegangan DC. Tegangan DC difilter dan dikuatkan. Untuk melihat outputnya ditampilkan ke osiloskop. Secara garis besar skematik perancangan sistem pengkondisi sinyal sensor LVDT (*Linear Variable Diffrential Transformer*) ditunjukkan pada Gambar 2 di bawah ini:



Gambar 2. Blok diagram pengkondisi sinyal LVDT

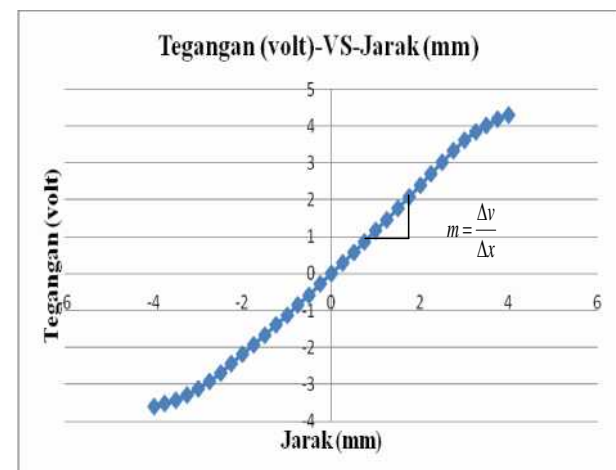
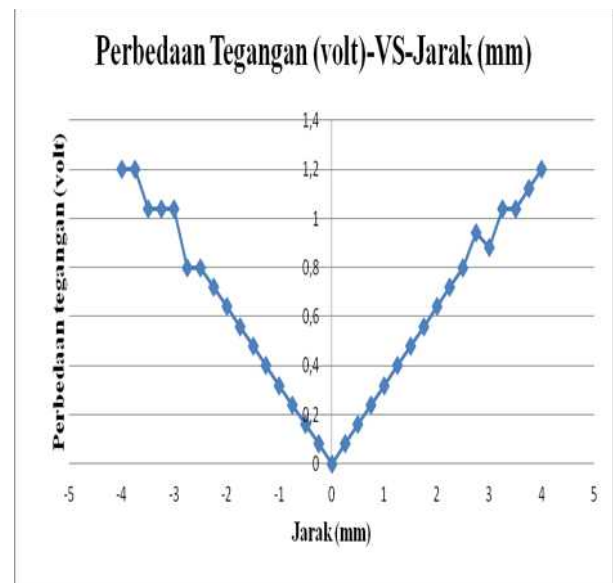
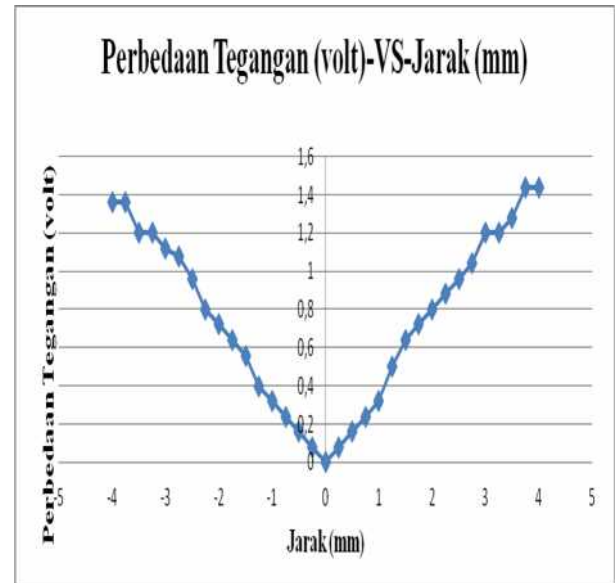
Skema penelitian secara keseluruhan digambarkan pada flow chart pada Gambar 3 di bawah ini:



Gambar 3. Flowchart Proses Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil



Pembahasan

Karakterisasi pengkondisi sinyal ini dilakukan untuk mengetahui unjuk kerja yang dihasilkan, yaitu load regulasi, arus maksimum, dan kestabilan arus atau tegangan terhadap jarak atau perpindahan. Untuk mengetahui load regulasi dengan memberikan beban R variabel yang menarik arus maksimum. Beban maksimum yang masih memberikan arus maksimum adalah beban teregulasi. Untuk mengukur kestabilan antara tegangan terhadap jarak maka dilakukan pengukuran besar tegangan yang dihasilkan. Pengukuran dilakukan untuk mengamati perubahan tegangan keluaran dari sensor LVDT (*Linear Variable Differential Transfmer*) dengan rangkaian pengkondisi sinyal. Kelinieran output AC magnitudenya berada pada jarak 0-2,5 mm. Hal ini sesuai dengan spesifik sensor bahwa *stroke rangenya* $\pm 2,5mm$.

Dari data yang diperoleh kita dapat melihat bahwa output tegangan DC yang diperoleh stabil. Kestabilan dari output tegangan yakni berada pada range $\pm 2,5mm$. Untuk mengetahui kelinieran dari sensor LVDT tipe 100 HR ini dapat diukur dengan mengambil satu sampel dari data melalui persamaan berikut:

$$m = \frac{\Delta v}{\Delta x}$$

$$m = \frac{v_2 - v_1}{x_2 - x_1}$$

$$m = \frac{(2,394 - 1,168)volt}{(2 - 1)mm}$$

$$m = 1,226volt / mm$$

Data tegangan DC di atas merupakan tegangan output diffrensial yang diperoleh dari persamaan $(V_a - V_b)$. Sesuai dengan desain rangkaian yang dibuat bahwa output DC yang dihasilkan adalah diffrensial.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang dilakukan diperoleh yaitu perubahan jarak core atau inti sensor LVDT (*Linear Variable Differential Transformer*) terhadap output tegangan AC

dari sekunder 1 dan sekunder 2 adalah linier dari posisi 0 ke + 2,5 mm dan dari posisi 0 - 2,5 mm. Dengan ini disimpulkan bahwa sensor LVDT ini sesuai dengan spesifikasi sensor yang tertera pada data sheet yakni stroke range sensor LVDT $\pm 2,5mm$. Sensor LVDT ini dirancang dengan kumparan yang dapat mengukur pergeseran hingga $\pm 2,5mm$ sehingga diluar jarak tersebut hasilnya tidak linear lagi. Untuk output tegangan DC atau sensitivitas sensor adalah $m = 1,226volt / mm$. Dari hasil pengukuran diperoleh bahwa tegangan DC yang dihasilkan oleh rangkaian pengkondisi sinyal yang dihubungkan dengan sensor LVDT adalah linier terhadap pergeseran core atau inti.

Saran

Untuk mendapatkan hasil yang lebih maksimal selanjutnya disarankan untuk meneliti faktor- faktor noise yang dihasilkan oleh sensor LVDT (*Linear Variable Differential Transformer*) dan membuat sinyal conditioning yang ratio metrik.

DAFTAR PUSTAKA

- Clayton, George dan Winder Steve. 2005. *Operational Amplifier*. Edisi V. Jakarta : Erlangga.
- H. S, Black. 1934. *Stabilized Feedback Amplifier*. Vol.13. New york : BSTJ.
- Mancini, Ron. 2002. *OP AMPS FOR EVERY ONE*. Texas : Texas Instruments Incorporated.
- Nyce, David S.2004. *LINEAR POSITION SENSORS Theory and Application*.New Jersey : Wiley Interscience.
- Petruzella, Frank D. 2001. *Elektronik IndustriI*, Edisi II. Yogyakarta : Andi.
- W. Decker, P. Kostka. 1989. *Magnetic Sensors*. Vol.5. New York : R.Boll Overshoot.
- <http://elektronikadasar.web.id/komponen/sensor-tranducer/sensor-tekanan-denganlvdt/> Diakses 4 April 2013.
- <http://www.macrosensors.com/lvdt/tutorial/> Diakses 6 April 2013.