

Penggunaan load cell jenis extended octagonal ring transduser untuk uji buckling pada beam

M. Ihram Maulana¹, Soeharsono², Tono Sukarnoto²

¹Pascasarjana Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri Universitas Trisakti

²Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri Universitas Trisakti

Email korespondensi: muhammad.im@trisakti.ac.id

Abstrak

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui karakteristik dan sensitivitas dari transduser gaya jenis Extended Octagonal Ring (EOR). Analisis dibagi menjadi dua yaitu menggunakan metode elemen hingga dan pengujian eksperimental. Sensitivitas EOR ditentukan melalui pengujian eksperimental dengan pembebanan vertikal 100 N hingga 500 N. Analisis metode elemen hingga menggunakan software ANSYS dengan pembebanan 3 kN hingga 15 kN disesuaikan dengan beban kritis buckling. Hasil pengujian menunjukkan linearitas dan sensitivitas silang pada EOR. Pengujian eksperimental diperoleh sensitivitas EOR diperoleh sebesar $K_v = 0.1999 \mu s.N^{-1}$ untuk gaya vertikal dan $K_h = 0.0056 \mu s.N^{-1}$ untuk gaya horizontal dengan sensitivitas silang sebesar 2.8 %. Analisis metode elemen hingga diperoleh sensitivitas EOR diperoleh sebesar $K_v = 0.1858 \mu s.N^{-1}$ untuk gaya vertikal, $K_h = 0.0018 \mu s.N^{-1}$ untuk gaya horizontal dan $K_m = 0.007 \mu s.N^{-1}$ untuk momen dengan sensitivitas silang sebesar 0.9 % dan 3.76 %. Selanjutnya, EOR dapat digunakan sebagai transduser untuk analisis buckling.

Kata kunci: extended octagonal ring, sensitivitas silang, metode elemen hingga.

Abstract

This research was conducted to find out the characteristics and sensitivity of the transducer of the type of Extended Octagonal Ring (EOR) type. The analysis is divided into two, using finite element method and experimental testing. The EOR sensitivity was determined through experimental testing with vertical loading of 100 N to 500 N. Analysis of finite element method using ANSYS software with loading of 3 kN up to 15 kN adjusted to buckling critical load. The test results show the linearity and cross-sensitivity of the EOR. Experimental tests obtained EOR sensitivity obtained by $K_v = 0.1999 \mu s.N^{-1}$ for vertical force and $K_h = 0.0056 \mu s.N^{-1}$ for horizontal style with cross sensitivity of 2.8%. Analysis of finite element method obtained by EOR sensitivity was obtained for $K_v = 0.1858 \mu s.N^{-1}$ for vertical force, $K_h = 0.0018 \mu s.N^{-1}$ for horizontal force and $K_m = 0.007 \mu s.N^{-1}$ for moments with cross sensitivity of 0.9% and 3.76%. Furthermore, EOR can be used as a transducer for buckling analysis.

Keyword: extended octagonal ring, cross sensitivity, finite element method.

1. Pendahuluan

Load cell jenis Extended Octagonal Ring (EOR) banyak dijumpai pada aplikasi pertanian. [1] melakukan penelitian mengenai EOR pada alat bajak tanah untuk mengukur kapasitas maksimum 4.4 kN, gaya vertikal maksimum 4 kN, dan momen maksimum 2.2 kN-m. EOR tersebut digunakan sebagai dinamometer untuk mencari gaya sebagai fungsi dari kedalaman tanah, sudut alat bajak, dan kecepatan gerak. Diperoleh sensitivitas $0.032 \mu V/NV$ untuk draught. $0.726 \mu V/NV$ untuk gaya vertikal dan $2.5 \mu V/N-m.V$ untuk momen dengan sensitivitas silang (cross sensitivity) kurang dari 6%.

EOR juga dapat digunakan sebagai penghubung (drawbar) antara traktor dengan alat pertanian. [2] menggunakan EOR biaxial untuk mengukur gaya untuk jenis traktor yang berbeda yaitu kategori II dan

III MB Trac 1300. Beban maksimum yang digunakan adalah 80 kN dan 60 kN untuk beban aksial dan beban tangensial. Sedangkan [3] menggunakan peralatan Liquid Manure Injector untuk kapasitas 180 kN. EOR dinamometer ini dikalibrasi dan menunjukkan linearitas R^2 0.99 dan cross sensitivity dapat diabaikan..

Menggunakan EOR terintegrasi dengan coulterometer untuk mengidentifikasi kepadatan tanah. Coulterometer yang terdiri dari *coulter disc* berdiameter 810 mm beresilasi untuk mengumpulkan reaksi yang diberikan oleh tanah dengan bantuan EOR sehingga dapat terukur reaksi horizontal dan vertikal dari tanah.[4]

Mendesain EOR untuk mengetahui gaya yang terjadi dalam ruang kompresi pada alat *Large Square Baler*[5]. Diperoleh sensitivitas horizontal dan

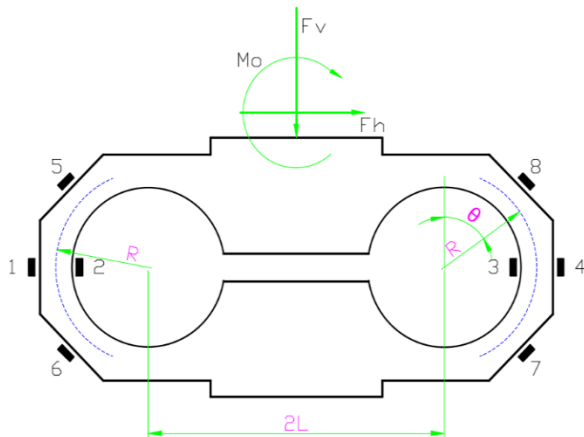
vertikal adalah 1479.7 $\mu\text{V/kNV}$ dan 1387.8 $\mu\text{V/kNV}$, sedangkan sensitivitas silang horizontal dan vertikal adalah 0.64% dan 2.85 %.

Dalam penelitian ini, dibahas mengenai desain peralatan dan pengambilan data menggunakan EOR untuk pengujian *buckling*. Tujuannya adalah untuk mengetahui gaya dan momen yang terjadi pada beam akibat *buckling*. Diharapkan penelitian ini dapat memberi kontribusi dalam bidang keilmuan terutama bidang mekanika material dan eksperimental.

Gambar 1 menunjukkan skema EOR meliputi dimensi, beban yang diberikan dan penempatan strain gage untuk pengukuran gaya. [6] menyederhanakan rumus untuk mencari momen pada bagian ring dari EOR yaitu:

$$M_{\theta} = F_V \frac{R}{2} \left(\frac{2}{\pi} - \sin \theta \right) + F_H \frac{R \cos \theta}{2} - \frac{M_0 \left[\left(2 + \frac{R\pi}{2L} \right) + \left(\frac{2R}{L} + \pi \right) \sin \theta \right]}{8 + \frac{R\pi}{L} + \frac{2L\pi}{R}}; \quad 0 < \theta < \pi \quad (1)$$

$$M_{\theta} = F_V \frac{R}{2} \left(\frac{2}{\pi} - \sin \theta \right) + F_H \frac{R \cos \theta}{2} - \frac{M_0 \left[\left(2 + \frac{R\pi}{2L} \right) + \left(\frac{2R}{L} + \pi \right) \sin \theta \right]}{8 + \frac{R\pi}{L} + \frac{2L\pi}{R}}; \quad \pi < \theta < 2\pi \quad (2)$$



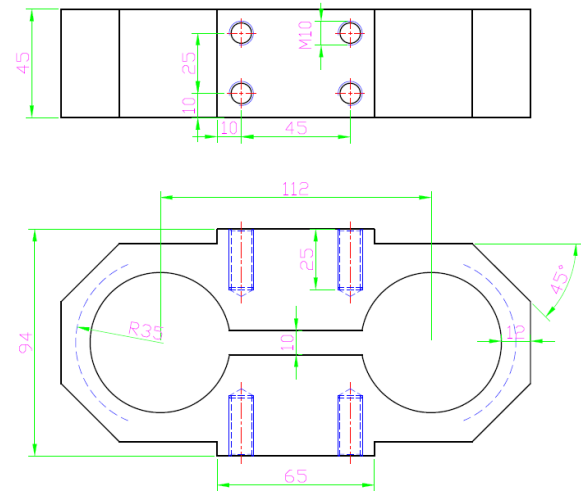
Gambar 1. Skematik Load Cell EOR

Berdasarkan rumus (1) dan (2), EOR dapat digunakan untuk mencari kedua gaya vertikal, gaya horizontal dan momen secara terpisah. Untuk mengetahui kerja dari EOR untuk mengukur ketiga gaya diatas, software ANSYS digunakan sebagai alat bantu.

2. Metode

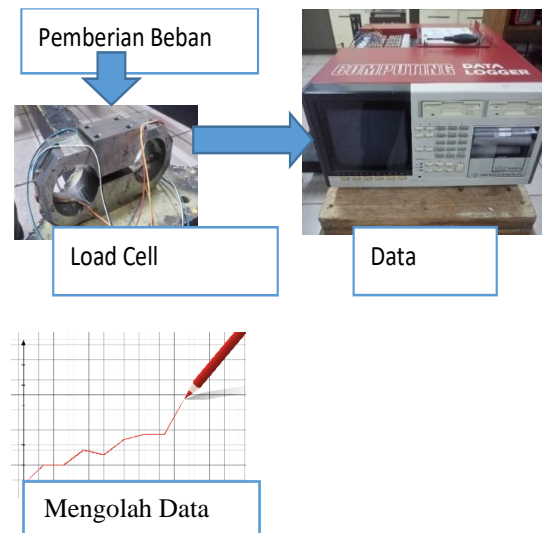
Pengujian menggunakan metode elemen hingga dan eksperimental dilakukan di Laboratorium Fenomena Dasar Mesin Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri Universitas Trisakti. Material EOR yang digunakan adalah pre-hardened machining steel AISI 4140 dengan kekuatan tarik

850 MPa, kekuatan luluh 570 MPa dan Poisson Ratio 0.3. Dimensi EOR diberikan pada gambar 2.



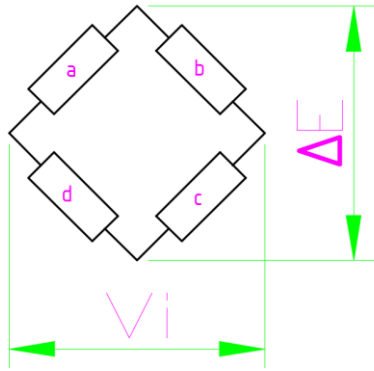
Gambar 2. Dimensi load cell

Pengujian eksperimental dilakukan untuk mengetahui sensitivitas dari EOR dengan cara memberikan beban vertikal secara bertahap dari 10 kg hingga 5 kg. Sistematika pengujian eksperimental ditunjukkan pada gambar 3.



Gambar 3. Sistematika Pengujian Eksperimental

Pada EOR dipasang strain gage di delapan titik seperti pada gambar 1. Pemasangan strain gage disusun pada rangkaian Jembatan Wheatstone pada gambar 4 dan Tabel 1. Pengukuran regangan dilakukan dengan menggunakan data logger.



Gambar 4. Jembatan Wheatstone

Tabel 1. Pemasangan Strain Gage

Pengukuran	Penempatan Strain Gage			
	a	b	c	d
Fv	1	2	4	3
Fh	5	6	7	8
M	1	4	2	3

Analisis menggunakan metode elemen hingga (MEH) dilakukan pada software ANSYS untuk mencari linearitas dan sensitivitas silang. Gaya vertikal diberikan sebesar 3 kN, 6 kN, 9 kN, 12 kN dan 15 kN. Regangan di delapan titik pada load cell dihitung untuk setiap pembebanan. Persamaan dibawah ini digunakan untuk mencari linearitas dan sensitivitas silang:

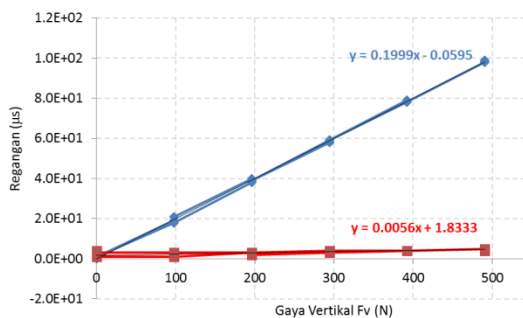
$$f_V = K_V(\varepsilon_1 - \varepsilon_2 + \varepsilon_3 - \varepsilon_4) \quad (3)$$

$$f_H = K_V(\varepsilon_5 - \varepsilon_6 + \varepsilon_7 - \varepsilon_8) \quad (4)$$

$$f_M = K_V(\varepsilon_1 - \varepsilon_4 + \varepsilon_2 - \varepsilon_3) \quad (5)$$

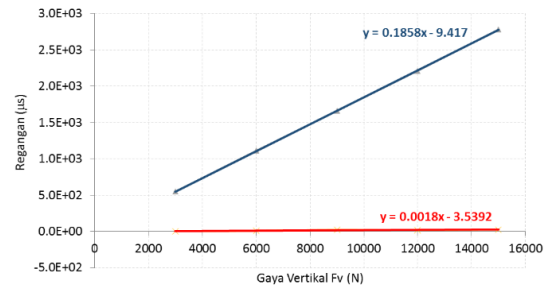
3. Hasil dan Pembahasan

Grafik regangan fv dan fh sebagai fungsi dari pembebanan vertikal pada pengujian eksperimental ditunjukkan pada gambar 5. Grafik menunjukkan fv linear terhadap gaya vertikal dengan sensitivitas Kv = 0.1999 $\mu\text{s.N}^{-1}$. Sensitivitas silang pada beban horizontal adalah sebesar Kh = 0.0056 $\mu\text{s.N}^{-1}$ atau sebesar 2.8 % dari Kv. Regangan momen pada pengujian eksperimental tidak terdeteksi (nol).



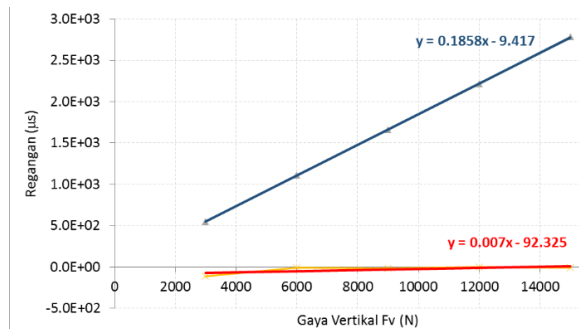
Gambar 5. Grafik fv dan fh - Beban Vertikal pada Pengujian Eksperimental

Pada analisis metode elemen hingga, grafik regangan fv dan fh sebagai fungsi dari pembebanan vertikal pada pengujian eksperimental ditunjukkan pada gambar 5. Grafik menunjukkan fv linear terhadap gaya vertikal dengan sensitivitas Kv = 0.1858 $\mu\text{s.N}^{-1}$. Sensitivitas silang pada beban horizontal adalah sebesar Kh = 0.0018 $\mu\text{s.N}^{-1}$ atau sebesar 0.9 % dari Kv



Gambar 6. Grafik fv dan fh - Beban Vertikal pada Analisis Metode Elemen Hingga

Pada analisis metode elemen hingga terdeteksi regangan momen (fm). Gambar 7 menunjukkan grafik fv dan fm sebagai fungsi dari pembebanan vertikal. Grafik menunjukkan fv linear terhadap gaya vertikal dengan sensitivitas Kv = 0.1858 $\mu\text{s.N}^{-1}$. Sensitivitas silang pada regangan momen adalah sebesar Km = 0.007 $\mu\text{s.N}^{-1}$ atau sebesar 3.76 % dari Kv.



Gambar 7. Grafik fv dan fm - Beban Vertikal pada Analisis Metode Elemen Hingga

Hasil dari kedua data berupa sensitivitas EOR diringkas pada tabel 2. Terdapat perbedaan sebesar 7 % pada fv dan 68.9% pada fh. Hal ini disebabkan karena penempatan strain gage berpengaruh terhadap nilai regangan yang terbaca.

Tabel 2. Sensitivitas Load Cell

Pengujian	Fv ($\mu\text{s.N}^{-1}$)	Fh ($\mu\text{s.N}^{-1}$)	Fm ($\mu\text{s.N}^{-1}$)
Eksperimental	0.1999	0.0058	0

Metode Hingga	Elemen	0.1858	0.0018	0.007
------------------	--------	--------	--------	-------

4. Kesimpulan

Pada pengujian eksperimental sensitivitas EOR terhadap beban vertikal adalah $K_v = 0.1999 \mu\text{s.N}^{-1}$ untuk gaya vertikal dan $K_h = 0.0056 \mu\text{s.N}^{-1}$ untuk gaya horizontal dengan sensitivitas silang sebesar 2.8%.

Pada analisis metode elemen hingga sensitivitas EOR terhadap beban vertikal adalah $K_v = 0.1858 \mu\text{s.N}^{-1}$ untuk gaya vertikal, $K_h = 0.0018 \mu\text{s.N}^{-1}$ dan $K_m = 0.007 \mu\text{s.N}^{-1}$ untuk gaya horizontal dengan sensitivitas silang masing-masing sebesar 0.9% dan 3.76 %.

Daftar Pustaka

- [1] A.P. Onwalu, "An Extended Octagonal Ring Dynamometer Measurement of Forces on a Simple Tillage Tool". Nigerian Journal of Technology. Vol.21 (1). 46-59 (2002).
- [2] Khan, Jandool, R.J. Godwin, J. Kilgour, dan B.S Blackmore. "Design and Calibration of a Bi-axial Extended Octagonal Ring Transducer System for the Measurement of Tractor-Implement Forces". ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. Vo.2 (1) 16-20 (2007)
- [3] Y. Chen, N.B. McLaughlin, dan S. Tessier. "Double Extended Octagonal Ring (DEOR) Drawbar Dynamometer". Soil & Tillage Research 93. 462-471 (2007)
- [4] S.K. Pitla, L.G. Wells, dan S.A. Shearer. "Integreation of an Extended Octagonal Ring Transducer and Soil Coulterometer for Identifying Soil Compaction". Biological Systems Engineering. Vol.25 (5). 647-652 (2009).
- [5] S. Afzalnia, dan M. Roberge. "An Extended Octagonal Ring Transducer for the Compression Chamber of a Large Square Baller". Journal of Agriculture and Science Technology. Vol.11. 377-389 (2009)
- [6] N.B. McLaughlin, S. Tessier, dan A. Guilbert. "Improved Double Extended Octagonal Ring Drawbar Transducer for 3-D Force Measurement". Canadian Agricultural Engineering. Vol 40.(4), 257-264 (1998)