

PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT PENGUKUR BEBAN KERETA API

Enda Permana^{*)}

ABSTRAK

PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT PENGUKUR BEBAN RODA KERETA API. Tujuan dari percobaan ini adalah membuat suatu disain alat ukur (transduser) untuk mengukur beban kereta api dengan memakai strain gauge. Transduser tersebut berukuran tinggi 12 mm dan diameternya 30 mm dengan kapasitas pengukuran beban statis sampai 20 ton dan beban dinamis sampai 40 ton. Untuk mendapatkan kapasitas pengukuran tersebut dipilih bahan transduser dari baja karbon dengan kadar 0,5 % dengan proses perlakuan panas. Dari hasil percobaan didapatkan suatu performan yang signifikan dari alat ukur tersebut dimana parameter pengukuran menunjukkan nilai yang sesuai dengan spesifikasi yang telah ditentukan.

ABSTRACT

DESIGN AND EVALUATION OF A WEIGHING SYSTEM FOR RAILWAY TRAIN. *The objective of this project is to design and fabricate a weighing system for railway train using strain gauge transducer. It has a height of 12 mm and diameter of 30 mm, a range of from 0 to 20 tonnes, and can withstand up to 40 tonnes gradually applied. To achieve the high yield stress necessary, the transducer was made from 0,5 % carbon steel, specially heat-treated and cooled. The experiment showed that all parameters met with the specifications.*

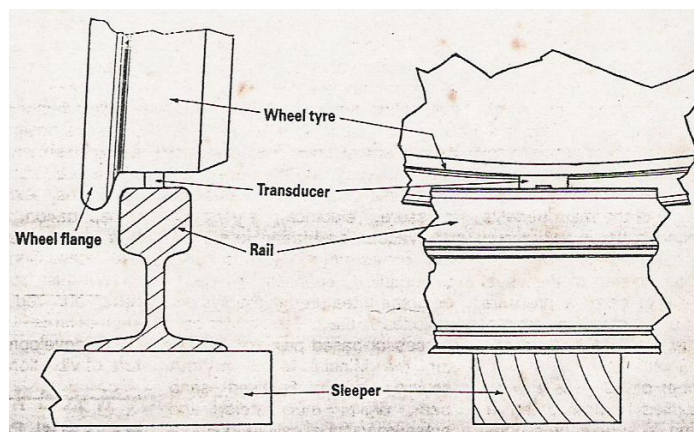
Key words: Strain gauge, pressure transducer.

PENDAHULUAN

Sistem perkeretaapian pada era sekarang ini menunjukkan perkembangan yang pesat, salah satunya dapat dilihat dari segi kecepatannya yang semakin meningkat sehingga waktu tempuh dengan menggunakan kereta api semakin bisa diperkecil. Disamping itu kereta api masih dianggap sebagai alat transportasi yang relatif lebih aman dan nyaman.

Untuk menunjang fungsi dari suatu gerbong kereta api supaya bisa beroperasi secara optimal diperlukan adanya system kontak yang tepat antara roda-roda pada gerbong kereta api dengan relnya. Oleh karena gerbong kereta api memiliki beberapa roda yang secara langsung berhubungan dengan rel, maka diperlukan adanya distribusi beban kereta api yang merata pada setiap roda untuk mencegah terjadinya pemusatan tegangan pada sebagian roda yang dapat mengakibatkan rusaknya system bantalan. Disamping itu dapat membahayakan keselamatan terutama pada waktu kereta berjalan dengan kecepatan tinggi.

Salah satu cara yang tepat untuk melihat distribusi tegangan kontak antara roda dengan rel kereta api adalah dengan mengukur gaya tekan pada setiap roda. Gaya-gaya ini bisa bervariasi akibat penyetelan sistem suspensi yang tidak sesuai. Oleh karena ini diperlukan alat ukur gaya yang dapat ditempatkan diantara roda dengan rel yang berukuran sekecil mungkin sesuai dengan dimensi dari roda kereta api dan luas penampang relnya (gambar-1).



Gambar-1 Posisi transducer antara roda dan rel

Dengan ukuran diameter roda kereta api sebesar 6 feet (152.4 mm) maka tinggi transducer yang dibuat tidak boleh melebihi 19 mm sehingga roda kereta masih aman

untuk bisa terangkat dan terus menempel pada lintasan relnya. Adapun spesifikasi lengkap dari transducer yang akan dibuat adalah sebagai berikut:

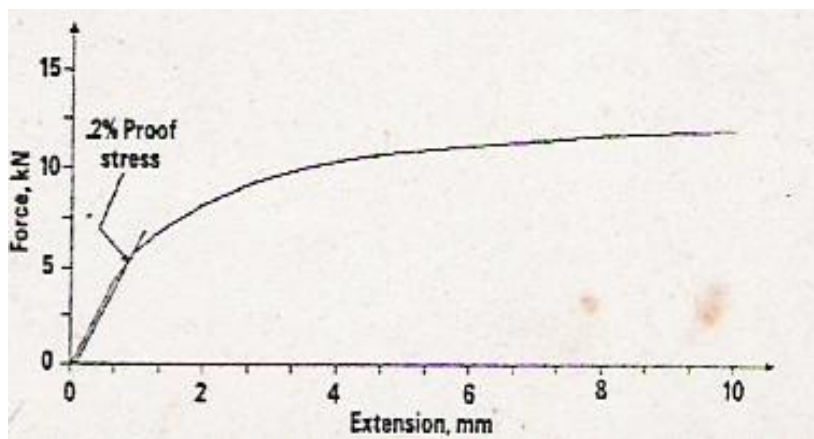
1. Batas pembebanan (input range) = 0 sampai dengan 20 ton (0 s/d 200 kN).
2. Sudden load maksimum = 25 ton (250 kN).
3. Maximum overall error $\leq \pm 3 \%$
4. Tinggi transducer ≤ 19 mm
5. Power supply = 240 Vac

LANGKAH-LANGKAH PERCOBAAN

Percobaan dilakukan di Strength of Material Laboratory National University of Singapore dengan langkah-langkah sebagai berikut:

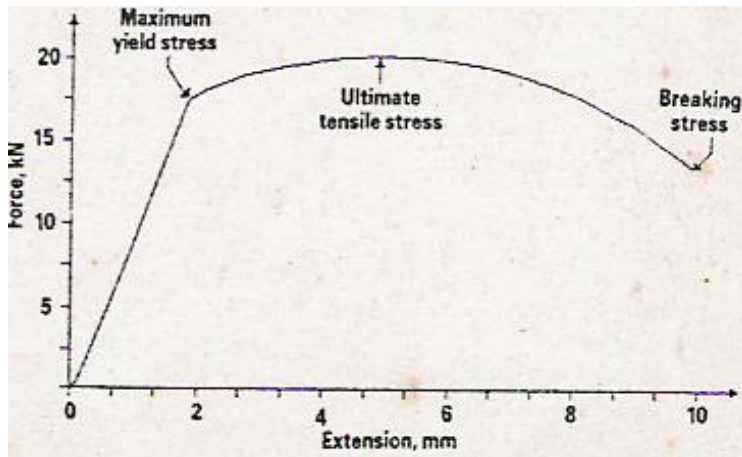
1. Perlakukan panas pada bahan

Bahan yang dipilih adalah baja karbon sederhana (plain carbon steel) AISI-1005 ukuran diameter 38 mm dan panjang 300 mm. Bahan ini dipilih karena harganya murah, mudah didapat dan memiliki data spesifikasi yang komplit. Proses permesinan dilakukan untuk membuat dua buah specimen percobaan tarik dengan ukuran panjang 37 mm dan diameter 5 mm kemudian dilakukan percobaan tarik pada specimen pertama sebelum di lakukan perlakuan panas dan hasilnya dapat dilihat pada gambar-2.



Gambar-2 Diagram gaya vs elongasi bahan sebelum perlakuan panas

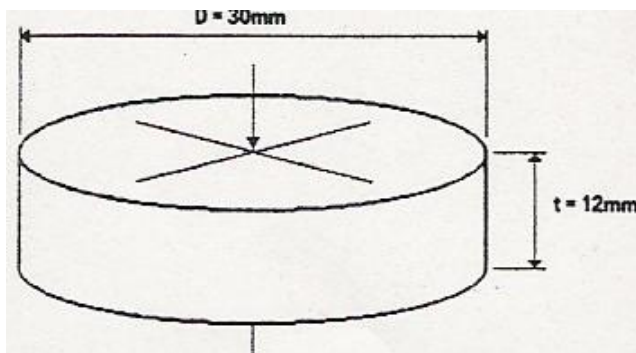
Pada bahan yang kedua dilakukan proses perlakuan panas dengan mengacu pada prosedur perlakuan panas untuk baja karbon dan dilakukan pengujian tarik seperti pada bahan sebelum dilakukan perlakuan panas dan hasilnya dapat dilihat pada gambar-3.



Gambar-3 Diagram gaya vs elongasi bahan setelah perlakuan panas

2. Pembuatan prototipe transducer (blank)

Proses permesinan dilakukan untuk membuat prototipe transducer dengan ukuran diameter 30 mm dan tebal 15 mm, kemudian dilakukan proses perlakuan panas seperti pada langkah pertama. Specimen tersebut kemudian dipotong lagi sehingga ketebalannya menjadi 12 mm (gambar-4) dan selanjutnya seluruh permukaan specimen tersebut dibersihkan dan dihaluskan.



Gambar-4 Geometri dari protipe transducer

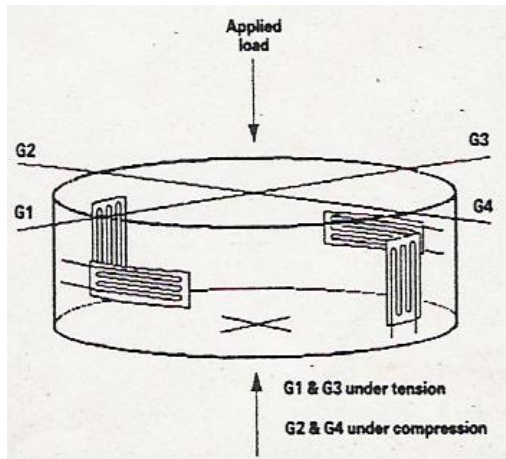
3. Pemasangan strain gauge pada transducer.

Empat buah strain gauge ditempelkan pada prototype transducer dengan posisi seperti pada gambar-5. Gauge G2 dan G4 mengukur tegangan tekan arah longitudinal, e_L , dimana:

$$e_L = \frac{F}{AE} \quad (1)$$

dan gauge G1 dan G3 mengukur tegangan tarik arah keliling (transverse tensile stress, e_T),
dimana:

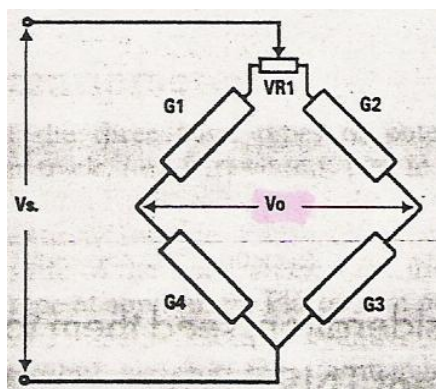
$$e_T = \nu e_L \quad (2)$$



Gambar-5 Posisi strain gauge pada transducer

4. Pemasangan rangkaian listrik

Setelah terpasang pada transducer, keempat strain gauge dirangkai dengan memakai pola Jembatan Wheatstone seperti pada gambar-6. Gauge G1 dan G3 dipasang berlawanan untuk mengukur tegangan tarik dan gauge G2 dan G4 dipasang berlawanan untuk mengukur tegangan tekan.



Gambar-6 Rangkaian jembatan Wheatstone

Tegangan output yang dihasilkan dari rangkaian di atas dapat dihitung dengan rumus :

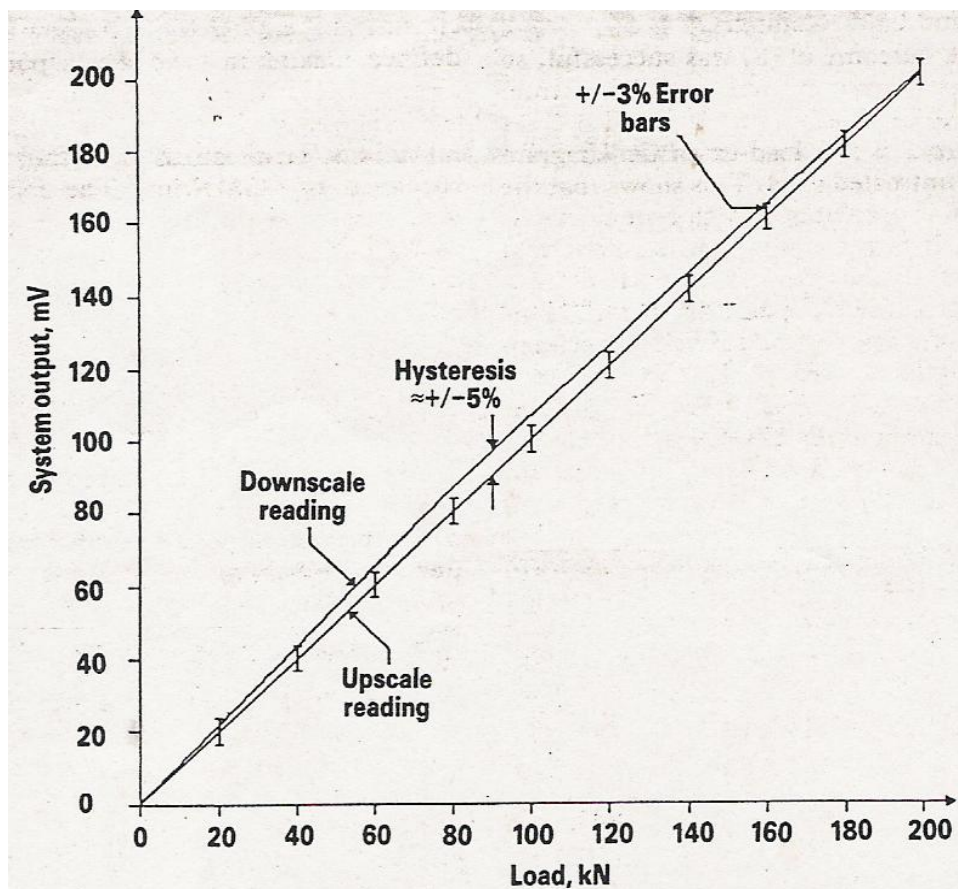
$$V_0 = V_s \frac{(1 + \nu) GF}{2 AE} \quad (3)$$

Dimana: V_s = tegangan input, G = gauge factor dari strain gauge, dan ν = Poisson's ratio.

Tegangan output diperbesar dengan bantuan instrument Amplifier model Calex 165 Bridge Sensore Unit (3) dimana alat tersebut distel pada tegangan 0 sampai 200mV untuk besarnya input beban dari 0 sampai 200 kN.

5. Proses Kalibrasi

Proses kalibrasi alat ukur dilakukan dengan mengaplikasikan gaya tekan dari 0 sampai 200 kN dengan rentang 20 kN setiap pengukurannya, kemudian langkah dibalik dari 200 kN sampai 0 kN dengan rentang yang sama untuk melihat konsistensi dari data outputnya. proses pengukuran dilakukan sebanyak 3 kali dan output voltase yang dihasilkan menunjukkan harga yang konsisten. Hasil selengkapnya dari proses kalibrasi digambarkan secara grafik pada gambar-7.



Gambar-7 Grafik antara output voltase dengan beban pada proses kalibrasi

ANALISA HASIL PERCOBAAN

Berikut ini adalah analisa dari data-data hasil percobaan:

1. Dari hasil uji tarik bahan sebelum proses perlakuan panas (gambar-2) terlihat bahwa bahan sangat liat (ductile) dan batas elastisitasnya sangat kecil sehingga batas titik luluhnya tidak kelihatan. Untuk menentukan titik luluhnya didapat dengan mengambil harga elongasi sebesar 0,2% dan didapat nilai titik luluhnya pada gaya sebesar 5,5 kN. Dengan luas penampang specimen sebesar $20,1 \times 10^{-6} \text{ m}^2$ maka tegangan luluh bahan adalah 274 MN/m^2 .
2. Setelah proses perlakuan panas (gambar-2) terlihat bahwa daerah elastis bertambah dan batas titik luluh terlihat jelas yaitu pada gaya sebesar 17 kN sehingga tegangan luluhnya menjadi 845 MN/m^2 . Dengan mengambil beban statis sebesar 20 ton sebagai acuan dari beban maksimum, maka tegangan yang terjadi pada transducer adalah sebesar 278 MN/m^2 . Tegangan ini masih jauh dibawah batas maksimum kekuatan bahan sehingga transducer dapat dipergunakan dengan aman untuk menahan beban statis maupun dinamis.
3. Hasil proses kalibrasi (gambar-7) menunjukkan output voltase dengan tingkat proporsional yang tinggi. Dari grafik dapat dilihat bahwa harga kesalahan ukur (error) ada dibawah angka $\pm 3 \%$ dari skala ukur yaitu sebesar $\pm 6 \text{ kN}$. Walaupun nilai histeresis terlihat pada angka $\pm 5 \%$, hal ini biasa terjadi yang disebabkan oleh pemakaian awal dari strain gauge dan akan terus turun menjadi nol setelah pemakaian berulang-ulang.

KESIMPULAN

Alat ukur (strain gauge transducer) yang dirancang dan dibuat pada percobaan ini telah memenuhi 5 kriteria spesifikasi yaitu pembebanan bisa dilakukan sampai 20 kN dan dapat mengantisipasi dinamik load sampai 30 ton, penyimpangan pengukuran ada berada dibawah $\pm 3 \%$, tinggi transducer ada pada batas aman ketinggian angkat roda kereta api, serta power supply yang digunakan bisa dengan tegangan listrik yang umum yaitu pada voltase 240 Volt. Alat ini bersifat portable sehingga mudah untuk dibawa untuk berbagai keperluan pengukuran.

Namun demikian hasil percobaan diatas didapat dari percobaan di laboratorium dengan kondisi ideal dimana permukaan bidang aplikasi transducer memakai bidang yang

rata. Percobaan selanjutnya dilapangan masih harus dilakukan untuk melihat pengaruh dari berbagai tipe dari roda dan rel kereta api.

DAFTAR PUSTAKA

Bently J. P. (1989). *Principle of Measurement Systems*, Longman Scientific & Technical, Singapore.

David Viney, (1988), *The Strain Gauge Pressure Transducer*, Transducer Technology Update

Calex Electronics Ltd, *Design Guide and Catalogue*.

Paul DeGarmo, (1995), *Materials And Processes in Manufacturing*, 5th Edition, McMillan.

Woolman and R. A. Mottram, (1983), *British EN Steel*, volume 2 dan 3.