

RANCANG BANGUN *LOAD CELL* TEGANGAN KAWAT BAJA BERBASIS *STRAIN GAUGE*

DESIGN OF GUY WIRE TENSION METER BASED ON STRAIN GAUGE

Agus Sasmito, Yudi Irawadi

B2TKS-BPPT, Kawasan Puspiptek Gd 220, Serpong, Tangerang Selatan, Banten 15314
e-mail : agus.sasmito@bppt.go.id, yudi.irawadi@bppt.go.id

Abstrak

Keamanan sebuah menara sangat tergantung pada kawat penyokong tali baja, sehingga tali baja harus memiliki tegangan tarik yang sama pada semua posisi. Pada riset ini dilakukan desain alat ukur *load cell* kawat baja yang berbasis *strain gauge* untuk mengukur tegangan kawat. *Load cell* kawat baja dibuat mampu mendeteksi tegangan kawat secara tidak langsung, *load cell* kawat baja ini juga dibuat *portable*. *Load cell* kawat baja dapat bekerja untuk mengukur tegangan dengan cara menempelkan pada posisi yang paling mudah dijangkau di kawat. *Load cell* dibuat dari sebuah *beam* yang ditempelkan sebuah *strain gauge* dan dilengkapi dengan dua buah *hook* serta sebuah silinder penekan untuk membentuk momen *beam* pada *beam*. Proses desain dilakukan dengan menggunakan analisa persamaan matematis, untuk mengetahui kebenaran hasil desain, *load cell* selanjutnya dikalibrasi dengan menggunakan alat ukur standar dan alat tarik, dari hasil perbandingan antara hasil desain dengan hasil uji kalibrasi diketahui bahwa tegangan yang terjadi pada *load cell* standar mendekati nilai tegangan desain kawat baja dan tegangan pada *load cell* desain berada dibawah tegangan *yield* material, hal ini membuktikan bahwa analisa desain sudah benar.

Kata kunci : Kawat baja, Menara, *Load cell*, *Strain gauge*

Abstract

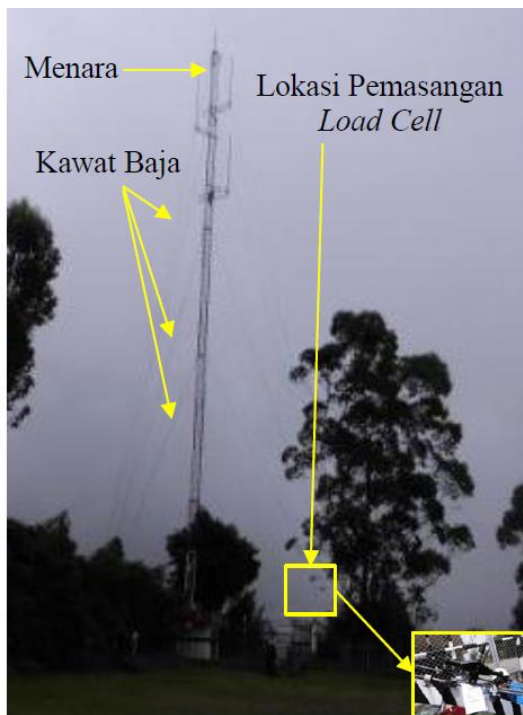
The safety of the tower depended on the tension of guy wire, where it must have the same tensile stress at all positions, to fulfill this requirement, all stress of the guy wire must be measured using the guy wire load cell. The guy wire load cell is designed based on the strain gauge, the load cell is portable, and it can detect stress of the guy wire indirectly. The main component of the load cell is a beam, two hooks, and a cylinder to form a beam moment force in the beam, the value of the beam moment on the beam will be directly proportional to the increase or decrease in force drag on the guy wire. The design process of load cell done using mathematical analysis, and the final stage the load cell is calibrated by a standard load cell. Based on the data result of calibration is known that the stress at the guy wire load cell is close and under the yield stress of the load cell material, it is proven that load guy wire cell's design result is safe to use.

Keywords: *Guy wire, Tower, Load cell, Strain gauge*

Diterima (received) : 03 Juni 2018 , Direvisi (revised) : 08 Maret 2019 ,
Disetujui (accepted) : 15 Maret 2019

PENDAHULUAN

Kawat baja (*wire rope*) adalah tali baja yang disusun dari baja kecil-kecil yang digabungkan dalam anyaman tertentu sehingga membentuk suatu susunan tali baja yang mempunyai sifat fleksibel ¹⁾. Salah satu kegunaan kawat baja adalah untuk tali penegang menara, sehingga menara bisa berdiri kokoh. Didalam pemasangannya kawat baja harus dikontrol sedemikian rupa sehingga tegangan tali relatif sama di segala arah ²⁾, untuk itu diperlukan sensor gaya beban yang disebut *Guy Wire Tension Meter* atau *load cell* kawat baja. Kondisi pengukuran kawat baja pada menara ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1.

Kondisi menara dan Kawat baja pada saat pengukuran tegangan dengan *load cell*.

Kawat baja digunakan untuk menambah stabilitas struktur yang berdiri bebas. Salah satu contoh adalah penggunaan pada menara antena. Salah satu ujung dari kawat baja dipasang pada struktur menara dan ujung satunya ditancapkan di tanah pada jarak tertentu dari tiang dan membentuk sudut diagonal. Kekuatan tarik kawat baja disesuaikan dengan kekuatan kompresi dan tekuk struktur menara serta kemungkinan struktur menahan beban lateral seperti angin dan beban lainnya, biasanya digunakan minimal 3 buah kawat baja dengan sudut 120°. Besar kecilnya dimensi kawat baja

disesuaikan besar kecilnya menara dan gaya tarik kawat baja yang harus diberikan.

Dalam prakteknya untuk mengetahui masing-masing tegangan tarik kawat baja sesuai yang telah ditetapkan sangatlah sulit, dan cenderung masih menggunakan dasar perkiraan, hal ini sangat membahayakan. Untuk menghindari terjadinya ketidakseimbangan tegangan pada beberapa kawat baja, diperlukan peralatan yang bisa mendeteksi gaya tarik pada kawat baja. Karena alat ini akan digunakan dilapangan pada kondisi lingkungan yang sulit, maka dibutuhkan desain alat ukur yang portabel, fleksibel, mempunya akurasi cukup baik dan mudah dalam perawatan. Untuk memenuhi kebutuhan ini maka dilakukan desain alat ukur yang disebut *load cell* kawat baja yang berbasis *strain gauge*.

BAHAN DAN METODA

Bahan untuk spesimen adalah *load cell* kawat baja yang kusus didesain untuk mengukur tegangan *wire rope*. *Load cell* kawat baja menggunakan material baja berbentuk *beam* dengan ukuran tertentu sebagai bahan untuk batang *load cell* kawat baja, dua buah *hook* dan sebuah silinder penekan dan sensor regangan (*strain gauge*) yang berfungsi merubah besaran mekanik menjadi elektrik yang ditempel pada *beam load cell* kawat baja ²⁻⁴⁾.

Untuk rancang bangun alat ukur tegangan kawat baja berbasis *strain gauge* dengan metode tidak langsung ini menggunakan metode ^{5,6)}:

- Pembuatan desain struktur rangka.
- Penetapan konfigurasi *strain gauge*.
- Validasi desain.

Desain *load cell* kawat baja disesuaikan dengan memanfaatkan tegangan tali untuk menekan sensor gaya. *Load cell* didesain harus memperhitungkan kondisi lapangan, portabel, fleksibel, punya akurasi cukup tinggi dan mudah perawatannya.

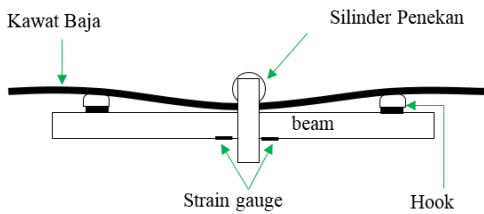
Setelah desain *load cell* kawat baja selesai maka penempatan sensor *strain gauge* ditetapkan dengan konfigurasi sesuai dengan prinsip kerja *load cell*.

Tahap terakhir dilakukan Validasi hasil desain. Validasi dilakukan oleh laboratorium B2TKS dengan cara mengukur dengan *load cell* kawat baja yang telah dipasang tali baja, dan diberi gaya tarik pada kawat baja yang telah terpasang.

Langkah-langkah desain *load cell* untuk kawat baja dilakukan dengan kalkulasi manual menggunakan persamaan-persamaan yang telah diketahui, sedangkan

untuk validasi terhadap hasil desain dilakukan dengan melakukan pengukuran langsung berupa proses kalibrasi terhadap *load cell* kawat baja.

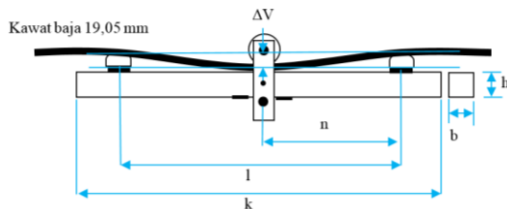
Untuk mengukur gaya tarik sebagai fungsi tegangan tali maka dibuatkan *load cell* kawat baja yang memanfaatkan tegangan tali yang menekan sensor gaya. Sensor gaya dibuat dari sebuah *beam* dengan ukuran tertentu yang dilengkapi dengan dua buah *hook* dan sebuah silinder seperti terlihat pada Gambar 3.



Gambar 2.

Komponen *Load cell* untuk Kawat Baja

Setiap komponen memiliki dimensi tertentu, Gambar 3 menunjukkan dimensi setiap komponen.



Gambar 3.

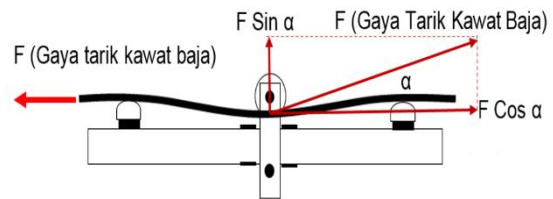
Dimensi komponen *Load cell* kawat baja

Dimana :

- b = lebar penampang *beam* (mm)
- h = tinggi penampang *beam* (mm)
- n = jarak antara pusat silinder penekan dan tumpuan, dimana nilai n setengah panjang l (mm)
- l = panjang *beam* (mm)
- k = panjang *beam* (mm)
- ΔV = Besarnya defleksi kawat baja akibat tertekan silinder penekan (mm)

Hubungan antara *hook*, silinder penekan dan diameter kawat baja membentuk suatu kesatuan sedemikian rupa sehingga antara silinder penekan dan diameter kawat baja terbentuk sudut α (relatif kecil). Akibat sudut ini maka gaya tarik (F) yang ada pada kawat baja akan menyebabkan gaya tekan pada *beam* sebesar $F \sin \alpha$ dan akan menyebabkan momen *beam* pada *beam*. Oleh *strain gauge*

yang terpasang pada *beam* gaya tekan $F \sin \alpha$ akan diukur sebagai regangan. Ilustrasi arah gaya yang terjadi pada *beam* dan diukur oleh *strain gauge* dapat dijabarkan seperti pada Gambar 4.



Gambar 4.

Distribusi gaya pada *beam* akibat gaya tarik dari *wire rope*.

Dimana :

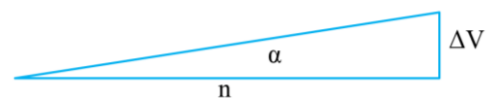
- F = Gaya tarik yang bekerja pada kawat baja (N)
- α = Sudut antara bidang lurus permukaan *beam* dengan kawat baja (derajat)
- $F \sin \alpha$ = Gaya *beam* pada batang *beam* akibat tegangan kawat baja (N)
- $F \cos \alpha$ = Resultan gaya (N)

Untuk mengetahui besarnya regangan pada *beam load cell* akibat momen *beam*, maka digunakan langkah-langkah kalkulasi sebagai berikut :

1. Menentukan sudut α

Untuk menentukan besarnya sudut α , maka digunakan acuan dimensi rangka *load cell* seperti ditunjukkan pada Gambar 4, jika kawat baja dimasukkan ke dalam silinder penekan seperti tampak pada Gambar 3, maka kawat baja akan mengalami defleksi dari garis lurusnya, berdasarkan Gambar 3 dan Gambar 4 besarnya sudut α dapat ditentukan.

Gambar 5 menunjukkan ilustrasi dimensi dan sudut yang terjadi.



Gambar 5.

Sudut yang terbentuk pada kawat baja

Selanjutnya sudut α dapat dihitung berdasarkan persamaan 1³⁾.

$$\alpha = \arctan \Delta V/n \quad (1)$$

2. Mencari nilai *safe working load* (SWL)
Safe working load (SWL) adalah nilai aman dari penggunaan kawat baja supaya tidak mengalami putus. Besarnya *safe working load* (SWL) dicari dengan persamaan 2¹⁾.

$$\text{Safe Working Load (SWL)} = \frac{\text{MBS}}{\text{Safety Factor}} \quad (2)$$

Dimana :

MBS = Kekuatan tarik minimum kawat baja (kg).

Safety Factor = 6 (nilai *safety factor* ditentukan sesuai kondisi lingkungan)

3. Menentukan besarnya gaya yang menyebabkan momen *beam* (F_{beam})
 Untuk menentukan besarnya gaya yang terjadi, maka diambil gaya berdasarkan kekuatan maksimum dari kawat baja dalam kondisi aman atau *safe working load* (SWL). Besarnya nilai F_{beam} dapat dicari dengan persamaan 3¹⁾ berikut :

$$F_{beam} = (\text{SWL}) \cdot (\text{Sin } \alpha) \quad (3)$$

Dimana :

F_{beam} = Gaya yang menyebabkan momen *beam* (kg)
 = $F \text{Sin } \alpha$

4. Menentukan besarnya gaya yang menyebabkan momen *beam* dengan memasukan faktor keamanan pada desain *load cell* (F_{desain}). Supaya *load cell* aman digunakan, maka kemampuan *load cell* menahan beban gaya F desain *load cell* harus lebih besar dari gaya beban F yang akan ditanggung. Bila diambil Faktor keamanan *Load Cell* adalah 50%, maka nilai gaya desain (F_{desain}) dapat dihitung dengan persamaan 4⁷⁾ berikut :

$$F_{desain} = F_{beam} + (50\% \times F_{beam}) \quad (4)$$

5. Mencari nilai momen *beam* akibat gaya tekan *beam*
 Untuk mencari besarnya momen *beam*, dapat di gunakan persamaan 5⁷⁾ berikut :

$$\sigma_b = \frac{M_b \cdot c}{I} \quad (5)$$

Dimana :

σ_b = Tegangan *beam* (Mpa)

M_b = Momen *Beam* (N.mm)

$$= (F \text{Sin } \alpha) \cdot \left(\frac{1}{2} \cdot l\right) \quad (3) \quad (6)$$

I = Momen inerti (N.mm²),

$$= \frac{bh^3}{12} \quad (7)$$

c = Jarak sumbu pusat ke lapisan luar

$$= \frac{h}{2} \quad (8)$$

Bila Persamaan 2, Persamaan 3 dan Persamaan 4 dimasukan pada persamaan 1 maka akan diperoleh persamaan 9⁴⁾ :

$$\sigma_b = \left(\frac{1}{2} \cdot l \cdot F_{desain}\right) \cdot \left(\frac{h}{2}\right) / \left(\frac{b \cdot h^3}{12}\right) \quad (9)$$

6. Mencari besarnya regangan akibat momen *beam*
 Berdasarkan hukum Hooke, nilai tegangan yang terjadi dapat dihitung dengan persamaan 10⁷⁾.

$$\epsilon = \frac{\sigma_b}{E} \quad (10)$$

Dimana :

E = Modulus elastisitas (N/mm²)

ϵ = Regangan (mikro *strain* atau $\mu\epsilon$).

Dari persamaan 5, 6 dan persamaan 10, diperoleh persamaan 11 untuk regangan yaitu :

$$\epsilon = \frac{6 (l \cdot F \text{Sin } \alpha)}{b \cdot h^2} \quad (11)$$

7. Membandingkan regangan hasil kalkulasi dengan regangan ijin material *beam*.
 Regangan yang diperoleh dari hasil kalkulasi harus berada di dalam daerah elastis material bahan *load cell*, supaya tidak terjadi kerusakan pada *load cell*.

Untuk memasang *strain gauge* pada alat ukur *load cell*, ada beberapa pilihan konfigurasi yang bisa digunakan, berikut ini dijelaskan proses pemilihan konfigurasi yang tepat⁸⁻¹⁴⁾ :

1. Menentukan *Strain Gauge* dan asesorisnya

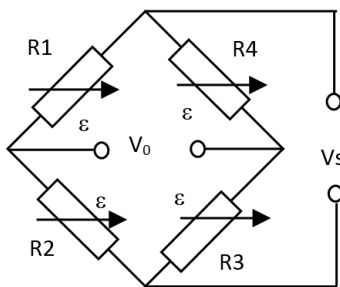
Strain gauge banyak digunakan dalam pembuatan alat ukur. Dengan memperhatikan harga yang murah dan mudah didapatkan, maka dipilih *strain gauge* bentuk satu arah (*single*) dengan ukuran sedang (*Grid length* 3 mm) dalam hal ini digunakan produk TML

tipe FLA-3-350-11. Spesifikasi teknis *strain gauge* yang digunakan adalah :

- Panjang *Strain Gauge* adalah 3 mm
- Batang Baja
- Tahanan 350 Ohm
- Lem jenis CN (*cyanoacrylate*)

2. Memilih Konfigurasi Jembatan Rangkaian *Strain Gauge*.

Ada beberapa bentuk konfigurasi jembatan untuk beban tekan, dalam hal ini dipilih jembatan penuh dengan 4 *strain gauge*, hal ini dipilih karena nilai sensitifitas lebih tinggi. Konfigurasi rangkaian dapat dilihat pada Gambar 6¹⁰⁾.



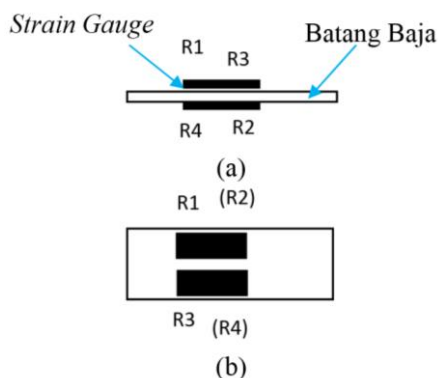
Gambar 6.

Konfigurasi jembatan penuh untuk sensor *beam*

Dimana :

- ϵ = Nilai regangan untuk *strain gauge* (Mikro *strain*)
- R1-4 = *Strain gauge* 1 sampai 4 (ohm)
- V_0 = Tegangan keluaran rangkaian jembatan (Volt)
- V_s = Tegangan eksitasi sumber (Volt)

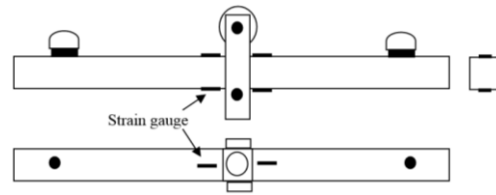
Pemasangan *strain Gauge* pada alat ukur batang baja ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7.

Bentuk pemasangan *strain gauge* pada batang baja alat ukur, Tampak atas (a), tampak bawah (b).

Secara keseluruhan posisi *strain gauge* dapat diilustrasikan seperti pada Gambar 8.



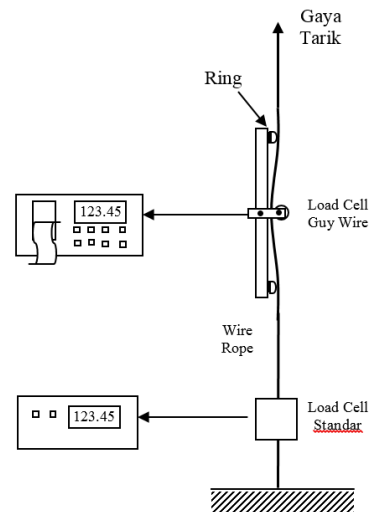
Gambar 8.

Posisi *strain gauge* secara detail pada alat ukur

Untuk mengetahui kebenaran hasil desain, maka *load cell* kawat baja dikalibrasi⁶⁾ dengan menggunakan peralatan sebagai berikut :

- Load Standar* Type TML-50 KN dan Indikatornya
- Data *logger* TDS 503
- Kawat baja 19,05 mm
- Crane* Kapasitas 20 ton

Cara kalibrasi yang dilakukan sama dengan kalibrasi alat ukur *strain gauge* pada umumnya¹⁰⁻¹³⁾, namun memiliki konfigurasi yang berbeda. Ilustrasi cara validasi *load cell* kawat baja ditunjukkan pada Gambar 9.



Gambar 9.

Skema Pelaksanaan uji validasi

Dari skema Gambar 9 dapat dijelaskan bahwa gaya tarik akan diukur langsung oleh alat ukur beban (*load cell standar*) sesuai dengan besarnya beban tarik yang ada. Pada saat yang sama pada *beam load cell* kawat baja akan terjadi tegangan *beam* yang diukur oleh *strain gauge* yang terpasang pada *beam load cell*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

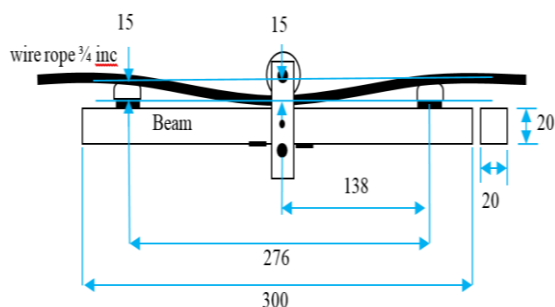
Load cell kawat baja dirancang sekecil mungkin agar mudah dibawa dan mudah penggunaannya, untuk keperluan ini maka dilakukan proses desain sebagai berikut :

1. Menetapkan parameter konstrain

Untuk membatasi proses desain supaya lebih mudah dalam melakukan desain, maka ditetapkan beberapa nilai awal atau konstrain, berikut ini beberapa nilai yang telah ditetapkan sebagai konstrain :

- Load cell* kawat baja dirancang untuk kawat baja dengan diameter maksimum 19,05 mm, dengan kekuatan minimum atau *minimum breaking strength* (MBS) = 7257 kg.
- Load cell* kawat baja akan menggunakan material baja *Grade 350 Structural Steel Plate*, dengan properties material :
 - Tegangan luluh minimum (σ_y) = 35,17 kg /mm².
 - Modulus young (E) = 21000 kg/mm².
 - Maksimum *strain* dalam batas elastis = 1675 mikro *strain* ($\mu\epsilon$).
- Dimensi komponen *load cell* kawat baja ditentukan dengan menghitung kekuatan *beam* dalam menahan beban *beam*, sehingga regangan yang terjadi akibat adanya beban *beam* struktur *beam* antara 500 sampai 1500 mikro *strain*, karena nilai regangan ini masih dalam daerah elastis material *beam*. Hasil dari *trial and error* untuk dimensi *beam* diperoleh ukuran optimal sebagai berikut :
 - Bentuk *beam* = Pejal segi empat.
 - Panjang *beam* = 300 mm.
 - Dimensi penampang *beam* = 20 mm x 20 mm.

Gambar 10 menunjukkan dimensi optimal *load cell* kawat baja hasil *trial and error*.



Gambar 10.

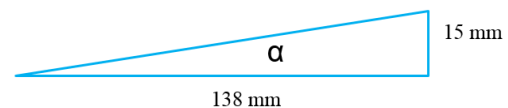
Dimensi *Load Cell* Kawat Baja Berbasis *Strain Gauge* (mm).

2. Kalkulasi Tegangan Pada *Load Cell* Kawat Baja Akibat Beban *Beam*

Hasil pemilihan dimensi *load cell* kawat bajapada Gambar 10 belum diketahui tingkat keamanannya, maka perlu dilakukan kalkulasi tegangan yang terjadi pada batang *load cell* kawat baja. Dengan mengacu proses desain batang *load cell* kawat baja yang telah dijelaskan sebelumnya, maka dilakukan perhitungan sebagai berikut :

a. Menentukan sudut α

Untuk menentukan besarnya sudut α , maka digunakan acuan dimensi rangka *load cell* kawat baja seperti ditunjukkan pada Gambar 4, jika kawat baja dimasukan kedalam silinder penekan, maka kawat baja akan mengalami defleksi sebesar 15 mm, hal ini terjadi karena memang konstruksi dari *load cell* dibuat sedemikian rupa sehingga defleksi yang terjadi adalah 15 mm. Gambar 11 menunjukkan ilustrasi dimensi dan sudut yang terjadi.



Gambar 11.

Sudut yang terbentuk pada kawat baja.

Selanjutnya sudut α dapat dihitung berdasarkan persamaan 1, sehingga diperoleh nilai sudut sebagai berikut :

$$\alpha = \arctan 15/138 \\ = 6,2^{\circ}$$

b. Menentukan *Safe Working Load* Kawat Baja(SWL).

Load cell kawat baja didesain untuk digunakan pada kawat baja dengan diameter 19,05 mm, dengan *minimum breaking strength* (MBS) = 7257 kg, sehingga berdasarkan persamaan 2. Nilai SWL dapat dicari dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Safe Working Load (SWL)} &= \text{MBS} / \\ &\text{safety factor, (Safety factor=6)} \\ &= 7257 \text{ kg} / 6 \\ &= 1210 \text{ kg.} \end{aligned}$$

c. Menentukan besarnya gaya yang menyebabkan momen *beam*.

Berdasarkan persamaan 3, nilai beban

beam pada *beam load cell* kawat baja (F_{beam}) dapat dihitung sebagai berikut :
 $F_{beam} = 1210\text{kg} \cdot \sin 6,2^\circ$
 $= 131\text{kg}$

- d. Menentukan besarnya gaya yang menyebabkan momen *beam* dengan memasukan faktor keamanan pada desain *load cell* kawat baja.

Supaya *load cell* kawat baja aman digunakan, maka kemampuan *load cell* kawat baja menahan beban gaya F_{desain} *load cell* kawat baja harus lebih besar dari gaya beban F yang akan di tanggung. Bila diambil Faktor keamanan *Load cell* kawat baja adalah 50%, maka berdasarkan persamaan 4, nilai gaya desain (F_{desain}) dapat dihitung dengan langkah berikut :

$$F_{desain} = F \sin \alpha + (50\% \times F \sin \alpha)$$

$$= 131\text{kg} + (50\% \times 131) \text{ kg}$$

$$= 196,5 \text{ kg}$$

- e. Mencari nilai tegangan *beam* akibat gaya tekan pada *beam load cell* kawat baja.

Jika digunakan *beam* segi empat dengan ukuran 20 mm x 20 mm sebagai bahan untuk membuat *load cell* kawat baja dan konstruksi *load cell* kawat baja seperti pada Gambar 10, maka berdasarkan persamaan 9, dapat dihitung besarnya tegangan *beam* sebagai berikut :

$$\sigma_b = \frac{(0,5 \times 196,5) \times (0,5 \times 276) \times (\frac{20}{2})}{(20 \times 20^3) / 12}$$

$$\sigma_b = 10169 \text{ Kg/mm}^2$$

- f. Mencari besarnya regangan akibat momen *beam*.

Menggunakan persamaan 10, dicari nilai regangan yang terjadi sebagai berikut :

$$\epsilon = \left(\frac{10169}{21000 \times 10^6} \right)$$

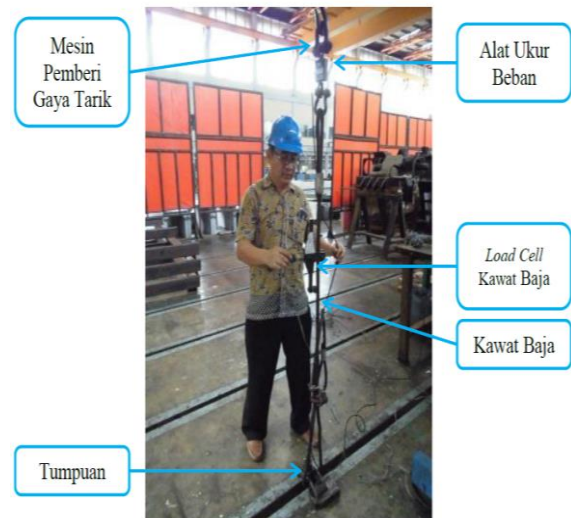
$$= 484 \text{ Mikro Strain}$$

- g. Membandingkan regangan hasil kalkulasi dengan regangan ijin material *beam*.

Regangan yang diperoleh dari hasil kalkulasi sebesar 484 mikro strain, nilai regangan ini masih berada didalam daerah elastis material bahan *load cell* kawat bajasebesar 1675 mikro strain, dengan demikian konstruksi *load cell* kawat baja aman dan mampu menahan beban kerja.

3. Validasi hasil desain *load cell* kawat bajadengan melakukan uji pengukuran

Untuk mengetahui kebenaran hasil desain *load cell* kawat baja, maka dilakukan pengukuran pada hasil desain *load cell* kawat baja. Desain pengukuran ditunjukan pada Gambar 12, dan dari hasil proses pengukuran diperoleh data seperti pada Tabel 1.



Gambar 12. Proses validasi desain *load cell* kawat baja.

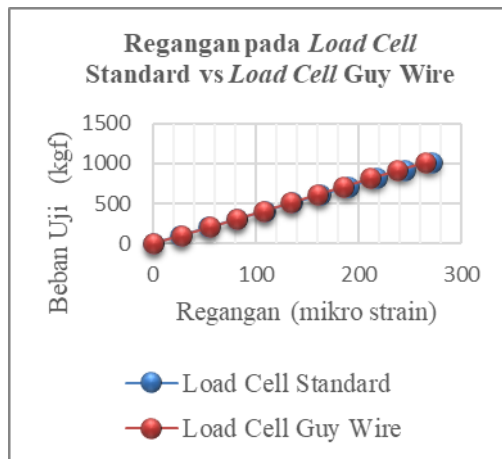
Tabel 1. Data regangan hasil uji validasi pada hasil desain.

Gaya Tarik (F) (kgf)	Hasil kalkulasi dengan persamaan (11)*	Regangan Yang Terjadi (mikro strain)				Rata-rata
		Pada Load Cell Kawat Baja				
		Pengambilan Data Ke				
I	II	III				
0	0	0	0	0	0	
102	27	28	27	29	28	
204	54	55	56	56	56	
306	82	79	82	83	81	
408	109	106	108	110	108	
510	136	135	132	135	134	
612	163	160	158	161	160	
714	190	186	184	186	185	
816	217	210	215	210	212	
918	245	238	236	240	238	
1020	272	268	260	269	266	

Catata :

* Nilai b = 20mm, h= 15mm, l = 276mm, sudut $\alpha = 6,20$

Berdasarkan Tabel 1 dapat dibuat grafik seperti ditunjukkan pada Gambar 13, gambar ini menunjukkan perbandingan nilai regangan antara hasil kalkulasi manual dengan hasil pengukuran pada *load cell* kawat baja.



Gambar 13. Perbandingan regangan antara hasil kalkulasi vs *load cell* kawat baja

Perbandingan pembacaan gaya tarik antara alat ukur standar dengan gaya tarik hasil pengukuran *load cell* kawat baja dengan penguat Data logger TDS 530 ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Data kalibrasi gaya tarik pada kawat yang terbaca pada alat ukur standar dan *Load cell* kawat baja.

Gaya Tarik (F) (kgf)	Gaya Tarik Yang Terbaca Pada <i>Load Cell</i> Kawat Baja (kgf)				Koreksi %
	Pengambilan data ke			Rata-rata	
	I	II	III		
0	0	0	0	0	0,0
102	108	109	110	109	-7,0
204	213	213	214	213	-4,7
306	313	310	316	313	-2,3
408	409	410	408	409	-0,3
510	511	497	504	504	1,2
612	596	601	592	596	2,6
714	692	689	686	689	3,4
816	779	783	787	783	4,0
918	875	880	886	880	4,1
1020	989	968	979	979	4,0

Catatan : Pengukuran dilakukan pada nilai faktor penguat C = 0,2

Pembahasan

Dari Tabel 1 dan Gambar 13 terlihat bahwa nilai regangan yang terjadi pada *load cell* kawat baja mendekati nilai regangan hasil kalkulasi manual dengan persamaan mekanika, pada Tabel 2 juga terlihat bahwa nilai gaya tarik yang terbaca pada alat ukur standar dan *load cell* kawat baja memiliki nilai terpaut tidak jauh, walaupun terjadi selisih nilai, hal ini kemungkinan diakibatkan adanya perubahan dimensi pada kawat baja yang berpengaruh pada terjadinya perubahan sudut arah tegangan.

Pada beban 1020 kgf, *load cell* kawat baja mengalami regangan rata-rata sebesar 266 mikro *strain*, nilai regangan ini masih jauh dibawah nilai regangan maksimum pada bahan *load cell* sebesar 1675 mikro *strain*. Karena keterbatasan alat, maka beban uji validasi hanya dilakukan sampai beban 1020 kgf, walaupun beban uji masih dibawah beban uji maksimum desain *load cell* kawat baja, yaitu sebesar 1210 kgf namun karena regangan yang terjadi masih jauh dibawah regangan maksimum material maka dapat disimpulkan bahwa *load cell* hasil desain aman.

SIMPULAN

Dari hasil pembahasan dapat diambil simpulan bahwa hasil uji validasi menunjukkan bahwa *load cell* kawat baja memiliki regangan sebesar 266 mikro *strain* pada beban 1020 kgf, nilai ini masih jauh di bawah regangan ijin material bahan sebesar 1675 mikro *strain*. Berdasarkan data-data ini menunjukkan bahwa *load cell* kawat baja aman untuk digunakan dan memiliki karakteristik yang sama dengan hasil desain.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terimakasih kepada Lab. Pengukuran B2TKS-BPPT yang telah membantu dalam penyelesaian riset ini.

DAFTAR PUSTAKA

1. Cimaf, *Wire rope technical Manual*, 2013.
2. TIA/EIA-222-F STANDART, *Structural Standards for steel Antenna Tower and Antenna Supporting*, 1996.
3. Krafft, G., Spiegel, H.J., dan Zahn, G., *Suitability of commercial strain gauge pressure transducers for low temperature application*, Cryogenics, Volume 20, Issue 11, November 1980, p625-628.

4. Stuchebnikov, V.M., *SOS strain gauge sensors for force and pressure transducers*, Sensors and Actuators A: Physical, Volume 28, Issue 3, August 1991, p207-213.
5. Su, Z., Wu, H., Chen, H., Guo, H., dan Cheng, X., *Digitalized self-powered strain gauge for static and dynamic measurement*, Nano Energy, Volume 42, December 2017, p129-137.
6. Kena, B.D., dan Kiesner, J., *Strain gauge based sensing hydraulic fixtures*, Mechatronics, Volume 34, March 2016, p111-118.
7. Canonica, L., *Memahami Mekanika Teknik 2*, Penerbit Angkasa Bandung.
8. Drouet, J.M., dan Champoux, Y., *Designing a Strain Gauge Transducer for Dynamic Load Measurement in Cycling Using Numerical Simulation*, The 2014 conference of the International Sports Engineering Association, Procedia Engineering 72, 2014, p304 – 309.
9. Karaus, A., dan Paul, H., *Load cells with small nominal load based on strain gauges using thin-film techniques*, Measurement, Volume 10, Issue 3, July–September 1992, p133-139.
10. Heerens, W.C, dan Tarasenko, S.D., *The absolute strain gauge*, Sensors and Actuators A: Physical, Volume 27, Issues 1–3, May 1991, p829-833.
11. Sun, J., Ueki, M., dan Ueda, K., *Development of a high-accuracy 500 kg mass comparator for improved weight calibration capability*, Measurement, Volume 95, January 2017, p418-423
12. Xia, Y., Zhu, J., dan Zhou, Q., *Design and verification of a strain gauge based load sensor for medium-speed dynamic tests with a hydraulic test machine*, International Journal of Impact Engineering, Volume 88, February 2016, p139-152.
13. Hoffmann, K., *An Introduction to Measurement using Strain Gauge*, Hottinger Baldwin Messtechnik GmbH Darmstadt, 1989.
14. Tokyo Sokki Kenkyujo Co., Ltd, *TML Precise & Flexible Strain Gauges*, TML Pam E-101S.

(halaman ini sengaja dikosongkan)