

**SKRIPSI  
PENGEMBANGAN DESAIN KOMPONEN  
MEKANIKAL DARI TRANSDUSER PENGUKUR  
TORSI STATIS BERBASIS LOAD CELL TIPE  
BALOK GANDA**



**M. Willy Auldi  
03051181320027**

**JURUSAN TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS SRIWIJAYA  
2018**

**SKRIPSI  
PENGEMBANGAN DESAIN KOMPONEN  
MEKANIKAL DARI TRANSDUSER PENGUKUR  
TORSI STATIS BERBASIS LOAD CELL TIPE  
BALOK GANDA**

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar Sarjana  
Teknik Mesin Pada Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya**



**OLEH:  
M. WILLY AULDI  
03051181320027**

**FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS SRIWIJAYA  
2018**

**HALAMAN PENGESAHAN**

**PENGEMBANGAN DESAIN KOMPONEN  
MEKANIKAL DARI TRANSDUSER PENGUKUR  
TORSI STATIS BERBASIS *LOAD CELL* TIPE  
BALOK GANDA**

**SKRIPSI**

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar Sarjana  
Teknik Mesin Pada Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya**

**OLEH:  
M. WILLY AULDI  
03051181320027**

Indralaya, November 2018  
Diperiksa dan disetujui oleh :  
Pembimbing Skripsi,



Jimmy D. Nasution S.T, M.T  
NIP. 19761228 200312 1 002



JURUSAN TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS SRIWIJAYA

Agenda No. :  
Diterima Tanggal :  
Paraf :


### SKRIPSI

NAMA : M. WILLY AULDI  
NIM : 03051181320027  
JURUSAN : TEKNIK MESIN  
BIDANG STUDI : KONSTRUKSI  
JUDUL : PENGEMBANGAN DESAIN KOMPONEN  
MEKANIKAL DARI TRANSDUSER  
PENGUKUR TORSI STATIS BERBASIS  
LOAD CELL TIPE BALOK GANDA  
DIBUAT TANGGAL : JANUARI 2018  
SELESAI TANGGAL : NOVEMBER 2018

Indralaya, November 2018  
Diperiksa dan disetujui oleh

Mengetahui  
Ketua Jurusan Teknik Mesin,  
  
Irsyadi Yani, S.T., M.Eng., Ph.D  
NIP. 19711225 199702 1 001

Dosen Pembimbing,

  
Jimmy D. Nasution, S.T., M.T  
NIP. 19761228 200312 1 002



## HALAMAN PERSETUJUAN

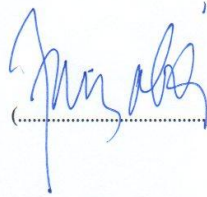
Karya tulis ilmiah berupa Skripsi ini dengan judul "PENGEMBANGAN DESAIN KOMPONEN MEKANIKAL DARI TRANSDUSER PENGUKUR TORSI STATIS BERBASIS LOAD CELL TIPE BALOK GANDA " telah dipertahankan di hadapan Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya pada tanggal 26 November 2018.

Indralaya, November 2018

Tim penguji karya tulis ilmiah berupa Skripsi

Ketua :

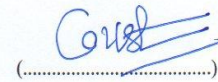
Ir. H. Zainal Abidin, M.T  
NIP. 19580910 198602 1 001



(.....)

Anggota :

1. Gustini, S.T, M.T  
NIP. 19780824 200212 2 001



(.....)

2. Gunawan, S.T, M.T, Ph.D  
NIP. 19770507 200112 1 001




(.....)



Mengetahui  
Ketua Jurusan Teknik Mesin,

Iswati Yani, S.T., M.Eng., Ph.D.  
NIP. 19711125 199702 1 001

Pembimbing Skripsi,



Jimmy D. Nasution, S.T, M.T  
NIP. 19761228 200312 1 002





## HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : M. WILLY AULDI

NIM : 03051181320027

Judul : PENGEMBANGAN DESAIN KOMPONEN MEKANIKAL  
DARI TRANSDUSER PENGUKUR TORSI STATIS  
BERBASIS LOAD CELL TIPE BALOK GANDA

Memberikan izin kepada Pembimbing dan Universitas Sriwijaya untuk mempublikasikan hasil penelitian saya untuk kepentingan akademik apabila dalam waktu 1 (satu) tahun tidak mempublikasikan karya penelitian saya. Dalam kasus ini saya setuju untuk menempatkan Pembimbing sebagai penulis korespondensi (Corresponding author)

Demikian, pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.

Indralaya, November 2018



M. Willy Auldi

NIM. 03051181320027



## HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : M. WILLY AULDI

NIM : 03051181320027

Judul : PENGEMBANGAN DESAIN KOMPONEN MEKANIKAL  
DARI TRANSDUSER PENGUKUR TORSI STATIS  
BERBASIS LOAD CELL TIPE BALOK GANDA

Menyatakan bahwa Skripsi saya merupakan hasil karya sendiri didampingi tim pembimbing dan bukan hasil penjiplakan/*plagiat*. Apabila ditemukan unsur penjiplakan/*plagiat* dalam Skripsi ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya sesuai aturan yang berlaku.

Demikian, pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.



Indralaya, November 2018

METERAI  
TEMPEL  
1365F1AFF478169687  
6000  
ENAM RIBURUPIAH  
M. Willy Auldi



## KATA PENGANTAR

Pertama, penulis mengucapkan syukur dan berterimakasih kepada Allah SWT yang telah melimpahkan segala rahmat, karunia, dan anugerah-Nya sehingga skripsi ini dapat diselesaikan. Dalam kesempatan ini penulis menyampaikan banyak terima kasih kepada semua pihak yang telah banyak membantu hingga akhirnya penulis dapat menyelesaikan skripsi ini, adapun pihak tersebut:

1. Keluarga penulis; Bapakku Dr. H. Edi Harapan, M.Pd dan Ibuku Ir. Hj. Warsia Ulfah, yang senantiasa selalu memberikan dukungan moral dan materi serta doanya yang tulus membimbing, mengarahkan, mendidik, dan memotivasi dari awal hingga selesai skripsi ini.
2. Bapak Jimmy D. Nasution, S.T, M.T selaku Dosen Pembimbing Skripsi yang dengan ikhlas dan tulus telah membimbing, mengarahkan, mendidik, memotivasi serta banyak memberikan sarana kepada penulis dari awal hingga selesainya skripsi ini.
3. Bapak Irsyadi Yani, S.T, M.Eng, Ph.D selaku Ketua Jurusan dan Bapak Amir Arifin, S.T. M.Eng, selaku Sekretaris Jurusan di Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
4. Seluruh Dosen Pengajar di Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya yang telah memberikan ilmu dan pengarahan selama proses perkuliahan.
5. Staf Administrasi Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya yang telah banyak membantu dalam proses administrasi.
6. Novi Retno Sari, S.T selaku pacar yang selalu memotivasi dan membantu dari awal kuliah hingga menyelesaikan tugas akhir ini.
7. Teman seperjuangan yang saat ini sedang menjadi pejuang skripsi ; Rikona Jaya, Aidil Furqon, Zaki Reva dan Above Bord
8. Teman seperjuangan main gable yang masih berjuang dengan skripsi masing-masing : Hafid Saputra, Wanda, Reiza Wijaya Dwi Haz, Firdaus,

Ahmad Hoirul, Oktavian Tilaz, Aji Purnomo, Budi Setiawan, Evan Setiawan, Imam Meizi dan Agung Kurniawan.

9. Adek Tingkat Teknik Mesin yang selalu nanyain kapan wisuda : Furqon, Tirto, Ayi, Yudi, Hanif, Yuda, Sidik, Hanifa, Satria, dan adek-adek lain tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.
10. Seluruh Keluarga besar Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya terutama teman-teman seperjuangan Angkatan 2013.
11. Semua pihak yang telah memberikan dukungan dan motivasi kepada penulis yang tidak bisa disebutkan satu persatu.

Dalam penulisan skripsi ini, mungkin terdapat kekurangan, oleh karena itu kritik dan saran serta masukan yang bersifat membangun sangat penulis harapkan untuk membantu dalam perbaikan. Penulis mengharapkan semoga skripsi dengan judul “Pengembangan Desain Komponen Mekanikal Dari Transduser Pengukur Torsi Statis Berbasis Load Cell Tipe Balok Ganda” dapat berguna dan memberikan manfaat untuk kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi serta menjadi referensi bagi yang akan mengkaji dimasa yang akan datang.

Indralaya, November 2018

Penulis

## RINGKASAN

### PENGEMBANGAN DESAIN KOMPONEN MEKANIKAL DARI TRANSDUSER PENGUKUR TORSI STATIS BERBASIS LOAD CELL TIPE BALOK GANDA

Karya tulis ilmiah berupa skripsi, 25 Agustus 2018

M. Willy Auldi; Dibimbing oleh Jimmy D. Nasution, S.T, M.T

Pengembangan Desain Komponen Mekanikal Dari Transduser Pengukur Torsi Statis Berbasis Load Cell Tipe Balok Ganda

xv + 46 halaman, 33 gambar, 9 tabel, 4 lampiran

### RINGKASAN

Sifat-sifat mekanik *soft materials* dapat diperoleh, baik dari pengujian statik (uji tarik, kompresi, dan uji lentur) maupun dari pengujian dinamis. Pengujian dinamis bertujuan untuk mengetahui sifat-sifat *fatigue* dan *endurance* dari material uji. Kompleksitas dalam sebuah pengujian *fatigue* disebabkan mode pembebanan yang bersifat multi-aksial dan dinamik. Untuk keperluan pengujian *fatigue* akibat beban torsi dinamik biasanya diperlukan sebuah sensor atau transduser gaya dan torsi yang berperan dalam pengukuran beban yang diterima oleh material uji. Pada sensor atau transduser ini terdapat beberapa *load cell* yang dapat mengkonversikan sinyal masukan elektrikal menjadi sinyal keluaran elektrikal sebagai respon terhadap beban mekanikal yang diberikan. Banyak produk transduser torsi komersil yang dipasarkan beberapa vendor, namun harganya relatif mahal. Pada penelitian sebelumnya, sebuah prototipe sensor torsi statis dengan satu *load cell* telah direalisasikan dan di uji secara bertahap untuk diketahui kinerja sensor tersebut, dalam mengukur torsi yang diberikan. Hasil kalibrasi dan pengujian sensor torsi tersebut sudah sesuai dengan sasaran desain, namun keterulangan (*repeatability*) sensor masih menunjukkan adanya *error* gabungan pada desain. Setelah diamati secara visual terdapat kelemahan dalam prototipe sensor yang terletak pada desain komponen mekanikal sensor yang terdiri dari komponen rumah, braket atau dudukan *load cell*, tipe sambungan baut dan mur, dan lain sebagainya. *Error* mekanikal tersebut terjadi dan bertambah besar pada saat dilakukan pengujian puntir yang berulang-ulang pada prototipe sensor yang disebabkan oleh kendurnya beberapa sambungan baut dan mur serta desain *bracket/mounting load cell* yang kurang *rigid* (kaku). Penelitian ini dilakukan dengan tujuan memfokuskan pengembangan dan menyempurnakan rancangan transduser torsi yang dapat mengukur torsi statis dengan menerapkan 2 buah unit *load cell*. Tujuan utamanya adalah untuk mengatasi kelemahan atau kekurangan terutama pada desain komponen

mekanikal dari prototipe terdahulu. Hasil dari penelitian ini diharapkan bisa menjadi kontribusi di bidang ipteks dan teknologi terapan, dengan mengedepankan desain transduser torsi yang bersifat *low cost* (biaya murah), mudah dalam pemeliharaan, dan dapat diterapkan dalam pengukuran besar torsi keluaran (*output*) dari material uji, seperti *soft materials* atau *biomaterials* yang merespon terhadap torsi yang diberikan (*input*). Pada penelitian ini, prototipe dapat dinyatakan berhasil dapat dilihat dari uji coba grafik ke 2 pengujian sensor dari torsi dimana nilai torsi dari sensor akan semakin meningkat secara konstan yang berbanding lurus dengan berat dimana terjadi kenaikan torsi yang terbaca pada sensor terjadi pada berat 0,4 kg sampai 1 kg dan nilai torsi sebesar 10,92 kg.mm sampai dengan 40,21 kg.mm. Nilai yang di dapat dari hasil torsi berdasarkan gaya pemberat mendekati hasil torsi yang terbaca dari sensor. Semakin besar nilai berat maka semakin besar pula torsi yang di baca pada prototipe. Semakin besar nilai berat maka semakin besar pula nilai Fcell.

**Kata Kunci:** Transduser, Torsi, *Load Cell*, Sensor, Plat Atas, Plat Bawah, Komponen Mekanikal



## SUMMARY

### DEVELOPMENT OF MECHANICAL COMPONENT DESIGNS FROM TRANSDUSER MEASUREMENT OF STATIC TORTS BASED ON LOAD CELL DOUBLE BEAM TYPE

Scientific paper such as essay, 25 August 2018

M. Willy Auldi; Supervised by Jimmy D. Nasution, S.T, M.T

Development Of Mechanical Component Designs From Transducer Measurement Of Static Torts Based On Load Cell Double Beam Type

xv + 46 halaman, 33 gambar, 9 tabel, 4 lampiran

The mechanical properties of soft materials can be obtained, both from static testing (tensile test, compression, and bending tests) and from dynamic testing. Dynamic testing aims to determine the fatigue and endurance properties of the test material. The complexity in a fatigue test is caused by a multi-axial and dynamic loading mode. For the purposes of fatigue testing due to dynamic torque loads a sensor or transducer force and torque are usually required to play a role in measuring the load received by the test material. In this sensor or transducer there are several load cells that can convert electrical input signals into electrical output signals in response to the mechanical load given. Many commercial torque transducer products are marketed by several vendors, but the price is relatively expensive. In the previous study, a static torque sensor prototype with one load cell was realized and tested in stages to determine the performance of the sensor, in measuring the torque given. The calibration results and testing of the torque sensor are in accordance with the design goals, but the repeatability (repeatability) of the sensor still shows a joint error in the design. After being observed visually there are weaknesses in the sensor prototype which is located in the design of the mechanical component of the sensor which consists of home components, bracket or load cell holder, bolt and nut connection type, and so on. This mechanical error occurred and increased when repeated torsional testing was carried out on the sensor prototype caused by loosening of several bolt and nut connections and the design of bracket / mounting load cells that were less rigid. This research was conducted with the aim of focusing on developing and refining the design of a torque transducer that can measure static torque by applying 2 unit load cells. The main objective is to overcome weaknesses or shortcomings, especially in the design of mechanical components from the previous prototype. The results of this study are expected to be a contribution in the field of science and technology and applied technology, by prioritizing the design of torque transducers that are low cost, easy to maintain, and can be applied in measuring the output torque of the test material, such as soft materials or biomaterials that respond to the given torque (input). In this study, the

prototype can be declared successful. It can be seen from the second graph test of sensor testing from torque where the torque value of the sensor will increase constantly which is directly proportional to the weight where there is an increase in readable torque on the sensor at a weight of 0.4 kg up to 1 kg and a torque value of 10.92 kg. mm up to 40.21 kg. mm. The value obtained from the results of torque based on ballast force approaches the readable torque result from the sensor. The greater the weight value, the greater the torque read in the prototype. The greater the value of weight, the greater the value of  $F_{cell}$ .

**Key Word:** Transducer, Torque, Load Cell, Sensor, Upper Plate, Bottom Plate, Mechanical Components,

,

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
HALAMAN PENGESAHAN AGENDA.....	v
HALAMAN PERSETUJUAN.....	vii
HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	ix
HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS.....	xi
KATA PENGANTAR.....	viii
RINGKASAN.....	xv
SUMMARY.....	xvii
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR TABEL.....	xv
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1    Latar Belakang.....	1
1.2    Rumusan Masalah.....	2
1.3    Batasan Masalah.....	3
1.4    Tujuan Penelitian.....	3
1.5    Manfaat Penelitian.....	3
1.6    Sistematika Penulisan.....	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1    Prinsip Kerja Sensor.....	5
2.2    Desain dan Konstruksi berbagai Tipe <i>Load Cell</i> .....	9
2.3    Desain dan Metode Kalibrasi Sensor Torsi.....	9
2.3.1    Metode dengan Balok Tidak Tertumpu ( <i>Unsupported Beams</i> ) .	10
2.3.2    Metode dengan Balok Tertumpu ( <i>Supported Beams</i> ).....	11
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN.....	13
3.1    Diagram Alir Penelitian.....	13
3.2    Tempat dan Waktu Pengujian.....	14
3.3    Metode Pengumpulan Data.....	14

3.4	Alat dan Bahan Pembuatan Prototipe.....	15
3.4.1	Alat .....	15
3.4.2	Bahan Pembuatan Prototipe.....	15
3.4.2.1	Bagian Mekanikal.....	15
3.4.2.2	Bagian Elektrikal .....	15
3.5	Prosedur Pembuatan Prototipe .....	16
3.5.1	Bagian Mekanikal.....	17
3.5.2	Bagian Elektrikal .....	18
3.5.3	Perakitan Bagian Mekanikal Dan Elektrikal .....	19
3.5.4	Pemrograman dan Kompilasi Kode Mikrokontroler Arduino....	19
3.6	Standar Prosedur Untuk Pengujian dan Kalibrasi .....	20
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN .....		23
4.1	Implementasi Prototipe Sensor Dalam Bentuk 3D.....	23
4.1.1	Desain dan Konstruksi Pelat Atas dan Bawah.....	24
4.2	Validasi Dan Pembahasan Pengujian Prototipe Sensor .....	28
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN .....		45
5.1	Kesimpulan.....	45
5.2	Saran.....	45
DAFTAR RUJUKAN.....		i
LAMPIRAN.....		i

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Validasi sensor dengan torsi yang berlawanan arah jarum jam .	5
Gambar 2.2	Validasi sensor dengan torsi yang searah jarum jam.....	6
Gambar 2.3	Tata Letak <i>load cell</i> pada sensor .....	7
Gambar 2.4	Diagram benda bebas dari <i>load cell</i> .....	8
Gambar 2.5	<i>Unsupported lever deadweight beam</i> .....	11
Gambar 2.6	<i>Supported lever deadweight beam</i> .....	12
Gambar 3.1	Diagram Alir Penelitian.....	13
Gambar 3.2	Prototipe Sensor dalam Bentuk Model 3-D CAD .....	16
Gambar 3.3	Rumah Sensor dan Poros ( <i>Axle</i> ) .....	18
Gambar 3.4	Skema Sistem Elektrikal beserta komponennya.....	19
Gambar 3.5	Integrasi Komponen Mekanikal dan Elektrikal.....	19
Gambar 3.6	Pengetesan Awal Sistem Sensor.....	20
Gambar 3.7	Alat Pengujian Atau Test Rig Sederhana .....	21
Gambar 3.8	Pembacaan Gaya Berat dengan Timbangan Digital Tarik .....	21
Gambar 4.1	Konsep desain dari pelat atas dan bawah pada alternatif desain I, II, dan II.....	24
Gambar 4.2	Sistem sambungan baut pengikat pada alternatif desain I, II, dan II .....	25
Gambar 4.3	Model 3D dari alternatif desain I, II, dan III.....	25
Gambar 4.4	Komponen Alat Prototipe Sensor.....	26
Gambar 4.5	Desain Prototipe Sensor.....	26
Gambar 4.6	Validasi Sensor Dengan Torsi Yang Berlawanan Arah Jarum Jam.....	27
Gambar 4.7	Validasi Sensor Dengan Torsi Yang Searah Jarum Jam.....	28

Gambar 4.8	Diagram Benda Bebas Dari <i>Load Cell</i> ( $T_{in}$ CCW).....	29
Gambar 4.9	Diagram Benda Bebas Dari <i>Load Cell</i> ( $T_{in}$ CW).....	30
Gambar 4.10	Grafik Hubungan Antara Berat Dengan $F_{cell}$ Pada Pengujian I Dengan Torsi Input CCW.....	33
Gambar 4.11	Grafik Hubungan Antara Berat Dengan $F_{cell}$ Pada Pengujian II Dengan Torsi Input CCW.....	34
Gambar 4.12	Grafik Hubungan Antara Berat Dengan $F_{cell}$ Pada Pengujian III Dengan Torsi Input CCW.....	35
Gambar 4.13	Grafik Hubungan Antara Berat Dengan $F_{cell}$ Pada Pengujian IV Dengan Torsi Input CCW.....	36
Gambar 4.14	Grafik Hubungan Antara Berat Dengan $F_{cell}$ Pada Pengujian Keseluruhan Dengan Torsi Input CCW.....	37
Gambar 4.15	Grafik Hubungan Antara Besar Torsi Berdasarkan Gaya Pemberat Dengan Besar Torsi Dari Sensor Pada Pengujian I Dengan Torsi Input CCW.....	40
Gambar 4.16	Grafik Hubungan Antara Besar Torsi Berdasarkan Gaya Pemberat Dengan Besar Torsi Dari Sensor Pada Pengujian II Dengan Torsi Input CCW.....	41
Gambar 4.17	Grafik Hubungan Antara Besar Torsi Berdasarkan Gaya Pemberat Dengan Besar Torsi Dari Sensor Pada Pengujian III Dengan Torsi Input CCW.....	42
Gambar 4.18	Grafik Hubungan Antara Besar Torsi Berdasarkan Gaya Pemberat Dengan Besar Torsi Dari Sensor Pada Pengujian IV Dengan Torsi Input CCW.....	43
Gambar 4.19	Grafik Hubungan Antara Besar Torsi Berdasarkan Gaya Pemberat Dengan Besar Torsi Dari Sensor Pada Pengujian Keseluruhan Dengan Torsi Input CCW.....	44

## DAFTAR TABEL

Tabel 4.1	$F_{cell}$	Pada	Pengujian I	dengan	torsi	input	
CCW.....							33
Tabel 4.2	$F_{cell}$	Pada	Pengujian II	dengan	torsi	input	
CCW.....							34
Tabel 4.3	$F_{cell}$	Pada	Pengujian III	dengan	torsi	input	
CCW.....							35
Tabel 4.4	$F_{cell}$	Pada	Pengujian IV	dengan	torsi	input	
CCW.....							36
Tabel 4.5	Besar	torsi	input	berdasarkan	gaya		
pemberat.....							39
Tabel 4.6	Besar	torsi	dari sensor	pada	pengujian I	dengan	torsi
CCW...						input	
							39
Tabel 4.7	Besar	torsi	dari sensor	pada	pengujian II	dengan	torsi
CCW..						input	
							40
Tabel 4.8	Besar	torsi	dari sensor	pada	pengujian III	dengan	torsi
CCW.						input	
							42
Tabel 4.9	Besar	torsi	dari sensor	pada	pengujian IV	dengan	torsi
CCW.						input	
							43





# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Pada penelitian sebelumnya, sebuah prototipe sensor torsi statis dengan satu *load cell* telah direalisasikan dan di uji secara bertahap untuk diketahui kinerja sensor tersebut, dalam mengukur torsi yang diberikan. Hasil kalibrasi dan pengujian sensor torsi tersebut sudah sesuai dengan sasaran desain, namun keterulangan (*repeatability*) sensor masih menunjukkan adanya *error* gabungan pada desain. Setelah diamati secara visual terdapat kelemahan dalam prototipe sensor yang terletak pada desain komponen mekanikal sensor yang terdiri dari komponen rumah, braket atau dudukan *load cell*, tipe sambungan baut dan mur, dan lain sebagainya. *Error* mekanikal tersebut terjadi dan bertambah besar pada saat dilakukan pengujian puntir yang berulang-ulang pada prototipe sensor yang disebabkan oleh kendurnya beberapa sambungan baut dan mur serta desain *bracket/mounting load cell* yang kurang *rigid* (kaku).

Sifat-sifat mekanik *soft materials* dapat diperoleh, baik dari pengujian statik (uji tarik, kompresi, dan uji lentur) maupun dari pengujian dinamis. Pengujian dinamis bertujuan untuk mengetahui sifat-sifat *fatigue* dan *endurance* dari material uji. Kompleksitas dalam sebuah pengujian *fatigue* disebabkan mode pembebanan yang bersifat multi-aksial dan dinamik. Untuk keperluan pengujian *fatigue* akibat beban torsi dinamik biasanya diperlukan sebuah sensor atau transduser gaya dan torsi yang berperan dalam pengukuran beban yang diterima oleh material uji (Kyoto, 2011). Pada sensor atau transduser ini terdapat beberapa *load cell* yang dapat mengkonversikan sinyal masukan elektrikal menjadi sinyal keluaran elektrikal sebagai respon terhadap beban mekanikal yang diberikan (Lake, 2007). Banyak produk transduser torsi komersil yang dipasarkan beberapa vendor, namun harganya relatif mahal.

Oleh karena itu, penelitian ini memfokuskan pengembangan dan menyempurnakan rancangan transduser torsi yang dapat mengukur torsi statis dengan menerapkan 2 buah unit *load cell*. Tujuan utamanya adalah untuk mengatasi kelemahan atau kekurangan terutama pada desain komponen mekanikal dari prototipe terdahulu. Hasil dari penelitian ini diharapkan bisa menjadi kontribusi di bidang ipteks dan teknologi terapan, dengan mengedepankan desain transduser torsi yang bersifat *low cost* (biaya murah), mudah dalam pemeliharaan, dan dapat diterapkan dalam pengukuran besar torsi keluaran (*output*) dari material uji, seperti *soft materials* atau *biomaterials* yang merespon terhadap torsi yang diberikan (*input*).

## 1.2 Rumusan Masalah

Permasalahan yang akan dikaji atau diselesaikan dalam penelitian ini dirumuskan sebagai berikut:

1. Bagaimana menyempurnakan rancangan sensor prototipe ke-1 dengan memodifikasi rancangan awal tersebut yang menggunakan 1 unit *load cell* menjadi rancangan sensor yang menggunakan 2 unit *load cell* tipe balok yang identik?
2. Bagaimana mengimplementasikan rancangan hasil penyempurnaan dan pengembangan rancangan sensor ke dalam sebuah prototipe yang menggunakan 2 unit *load cell* tipe balok yang identik?
3. Bagaimana kajian kinerja prototipe ke-1 dan ke-2 dalam mengukur torsi statik yang diberikan?

### 1.3 Batasan Masalah

Ruang lingkup permasalahan dalam penelitian ini, yang telah dirumuskan sebelumnya, adalah sebagai berikut:

1. Sensor hanya mampu mengukur beban torsi statik maksimum sebesar  $\pm 2,5$  N.m.
2. Metode pengujian dan kalibrasi prototipe sensor hanya dilakukan secara statik (metode *dead lever weight*) yang telah terstandarisasi.

### 1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah pengembangan desain dari prototipe 1 menggunakan 1 unit *load cell* menjadi prototipe 2 menggunakan 2 unit *load cell* sehingga mendapatkan perbandingan kinerja yang lebih optimal.

### 1.5 Manfaat Penelitian

Keutamaannya berupa kontribusi di bidang ipteks dan teknologi terapan dengan menghadirkan sebuah prototipe sensor torsi yang *low cost* (biaya murah) dan dapat diterapkan pada *universal testing machine* dalam skema pengujian statik dari *soft materials* atau *biomaterials*.

### 1.6 Sistematika Penulisan

Penulisan ini disajikan dalam tiga bab secara sistematis, seperti diuraikan sebagai berikut:

**BAB 1      PENDAHULUAN**

Bab ini berisikan latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan.

**BAB 2      TINJAUAN PUSTAKA**

Bab ini membahas mengenai teori-teori atau penjelasan tentang beberapa hal yang berkaitan dengan masalah yang dibahas.

**BAB 3      METODELOGI PENELITIAN**

Bab ini berisikan pelaksanaan penelitian yang meliputi pengumpulan data-data serta perencanaan data yang digunakan.

**BAB 4      ANALISA DAN PEMBAHASAN**

Bab ini berisikan hasil analisa data dan pembahasan yang diperoleh dari eksperimen.

**BAB 5      KESIMPULAN DAN SARAN**

## DAFTAR RUJUKAN

- Al-Mutlaq, S. (2016). Getting Started With Load Cells, 1–7.
- Kuykendall, W., Chen, S., & Ramey, J. (2017). Electro Dynamic Test System Resources Provided, 1–4.
- Kyoto, M. K. (2011). Material Testing Machine, 2(12), 1–14.
- Lake. (2007). Load Cell Handbook, 1–16.
- Moreno, I. G. (2011). Design Of a Test Bench For Static Calibration of Torque Transducers, 1–112.
- Robinson, A. (2008). Guide to the calibration and testing of torque transducers, (107), 1–23.
- Schwartz, M., & Park, J. (2015). Arduino Guide using MPU-6050 and nRF24L01, 1–28.