

PERANCANGAN MEKANISME ADAPTASI UKURAN KEPALA BAUT DAN PENYINGKAT WAKTU PENGENCANGAN KUNCI MOMEN

Falantino Lengkong, Stenly Tangkuman, Michael E. Rembet, Yan Tondok

Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi Manado

ABSTRAK

Torsi atau momen gaya merupakan besaran yang digunakan untuk mengukur seberapa kuat suatu benda dapat diputar dan kunci momen adalah alat yang digunakan untuk mengukurnya.

Penelitian ini bertujuan untuk merancang mekanisme adaptasi ukuran kepala baut dan peningkat waktu pengencangan pada kunci momen agar dapat menjadikan kinerja kunci momen menjadi lebih efisien. Metode penelitian menggunakan simulasi tegangan dengan solidworks dan didapatkan tegangan yang terjadi pada poros sebesar 1,02 GPa, digunakan bahan Ti-6Al-2Sn-2Zr-2Mo-2Cr-0,25Si (SS) agar mampu menanggung beban yang terjadi. Mekanisme adaptasi kepala baut dirancang untuk spesifikasi baut M8 sampai M18 agar tidak lagi memakan waktu untuk mengganti kepala *socket*. Untuk mekanisme peningkat waktu pengencangan, berdasarkan perhitungan waktu pengencangan menggunakan mekanisme pengencang didapatkan sebesar 7,97 detik, sementara tanpa mekanisme pengencang sebesar 24 detik, jadi dengan menggunakan mekanisme, pengencangan menjadi tiga kali lebih cepat dari pengencangan tanpa mekanisme. Terdapat tegangan yang terjadi pada struktur kunci momen sebesar 219 MPa dan digunakan bahan AISI 1045 steel, cold drawn yang dengan menggunakan faktor keamanan dua, memiliki batas tegangan ijin sebesar 265 MPa, yang mana memenuhi untuk digunakan. Torsi yang diperlukan untuk mengencangkan baut dihitung untuk baut M18x1,5 dan didapat dibawah dari torsi yang mampu ditahan kunci momen, yaitu sebesar 131,22 Nm.

Kata kunci: Adaptasi, Kunci momen, Torsi.

ABSTRACT

Torque or moment of force is a quantity used to measure how strongly an object can be rotated, and a torque wrench is a tool used to measure it.

This research aims to design a mechanism for adapting the size of the bolt head and shortening the tightening time on the torque wrench in order to make the performance of the torque wrench more efficient. The research method uses stress simulation with solidworks and it is found that the stress that occurs in the shaft is 1.02 GPa. The material Ti-6Al-2Sn-2Zr-2Mo-2Cr-0.25Si (SS) is used to be able to bear the load that occurs. The bolt head adaptation mechanism is designed for M8 to M18 bolt specifications so that it will no longer take anymore time to change the socket head. For the tightening time shortening mechanism, based on calculations the tightening time using the tightening mechanism was found to be 7.97 seconds, while without the tightening mechanism it was 24 seconds, so by using the mechanism, tightening is three times faster than tightening without the mechanism. There is a stress that occurs in the torque wrench structure of 219 MPa and AISI 1045 steel, cold drawn material is used which, using a safety factor of two, has a permissible stress limit of 265 MPa, which is sufficient for use. The torque required to tighten the bolt is calculated for the M18x1.5 bolt and is obtained below the torque that the torque wrench can withstand, namely 131.22 Nm.

Keywords: Adaptation, Torque wrench, Torsion.

1. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Kunci momen adalah alat yang dapat menunjukkan nilai torsi yang akan diterapkan dalam pengencangan baut. Kunci momen sangat diperlukan untuk perakitan di berbagai bidang, seperti otomotif, pembuatan kapal, kedirgantaraan, pembangkit listrik, dan sebagainya (Wang et al., 2018). Studi tentang kunci momen dimulai dari kunci momen mekanis asli hingga tampilan digital elektronik, yang telah dilakukan sejak tahun 1975 di luar negeri.

Torsi atau momen gaya merupakan besaran yang digunakan untuk mengukur seberapa kuat suatu benda dapat diputar. Torsi seringkali diukur dalam satuan *Newton-meter* (Nm) atau *pound-force foot* (lbf-ft).

Penelitian mengenai kunci momen pernah

dilakukan oleh Saeed dkk (2020), dengan judul “*Modular Torque Wrench Extension with Heads-up Display*” dan juga oleh Xu dkk (2020), dengan judul “*Development of a High-precision Digital Display Torque*”.

Kunci momen yang biasa memerlukan penggunaannya untuk mengganti ukurannya satu-persatu untuk menyesuaikan dengan ukuran baut dan juga perlu untuk menggerakkan kunci bolak-balik untuk mengencangkan baut, yang mana penulis merasa bisa dibuat menjadi lebih efisien dengan cara merancang dan menambahkan mekanisme penyesuaian ukuran kepala baut (putarannya bisa dilakukan secara elektrik) serta dalam hal waktu dan juga tempat penyimpanan, maka dibuatlah penelitian ini yang berfokus pada perancangan kunci momen dengan mekanisme penyesuaian kepala baut dan juga mekanisme pengencang.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan di atas, maka rumusan masalah pada penelitian ini, yaitu bagaimana merancang kunci momen dengan mekanisme adaptasi ukuran kepala baut sehingga dapat menyesuaikan ukuran kepala baut tanpa perlu mengganti kepala kunci secara manual dan bagaimana merancang mekanisme peningkat waktu pengencangan baut menggunakan motor listrik pada kunci momen.

1.3 Batasan Masalah

Untuk penelitian ini, kunci momen memiliki batas torsi maksimum sebesar 150 Nm dan ukuran mata kunci yang bisa menyesuaikan dengan kepala baut berkisar dari baut M8 sampai dengan M18.

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, tujuan penelitian ini adalah untuk merancang kunci momen dengan mekanisme adaptasi ukuran kepala baut serta merancang mekanisme peningkat waktu pengencangan baut menggunakan motor listrik pada kunci momen.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Sebagai bahan referensi bagi peneliti berikutnya dalam bidang kunci momen.
2. Sebagai inovasi baru untuk mempermudah pekerjaan teknisi di lapangan.

2. Landasan Teori

2.1 Kunci Momen

Kunci momen merupakan alat yang berfungsi untuk mengencangkan sambungan baut agar dapat sesuai dengan tegangan yang diinginkan.

2.1.1 Dial torque wrench

Kunci momen ini didesain untuk pengukuran dan pengaplikasian dari nilai torsi tanpa harus mengatur nilainya.



Gambar 2.1 Dial Torque Wrench

2.1.2 Beam torque wrench

Kunci momen tipe beam memiliki sebuah batang atau balok yang digunakan sebagai penunjuk untuk jumlah torsi yang diterapkan.



Gambar 2.2 Beam Torque Wrench (Sumber: Riantiningsih, 2019)

2.1.3 Click torque wrench

Kunci momen tipe ini akan menghasilkan bunyi klik saat gaya yang diberikan melebihi torsi yang telah diatur pada kuncinya



Gambar 2.3 Click Torque Wrench

2.2. Mekanisme Kunci Momen

Mekanisme kunci momen menyerupai mekanisme dari tuas atau pengungkit.

Tuas atau pengungkit merupakan salah satu pesawat sederhana yang digunakan untuk mengubah efek atau hasil dari suatu gaya. Titik tumpu merupakan titik dimana batang ditumpu dan tempat batang diputar. Titik Beban merupakan titik tempat bekerjanya beban. Sedangkan titik kuasa merupakan tempat diadakannya gaya/kuasa (Haryanto, 2007)..

2.3 Torsi

Dengan menerapkan torsi ke kepala baut, baut akan meregang. Peregang tersebut menghasilkan tegangan baut (*preload*) yaitu gaya yang menahan suatu sambungan. *Preload* untuk sambungan nonpermanent yang direkomendasikan dapat ditentukan dengan perhitungan sebagai berikut:

$$F_i = 0.75A_t\sigma_p$$

Sedangkan untuk sambungan permanen:

$$F_i = 0.9A_t\sigma_p$$

Keterangan:

$$A_t = \text{Nominal stress area (mm}^2\text{)}$$

$$\sigma_p = \text{Proof strength (N/mm}^2\text{)}$$

Tabel 2.1 Nominal Stress Area for bolt grade 4.6-ISO metric fine pitch thread ISO (898-1) (Sumber: Ardhana, 2022)

Thread (d x P)	Nominal Stress Area (mm ²)
M8X1	39.2
M10X1.25	61.2
M10x1	64.5
M12x1.25	92.1
M12x1.5	88.1
M14x1.5	125
M16x1.5	167
M18x1.5	216
M20x1.5	272
M22x1.5	333
M24x2	384
M27x2	496
M30x2	621
M33x2	761
M36x3	865
M39x3	1030

Tabel 2.2 Nilai Proof Strength berdasarkan grade baut menurut ISO 898-1 (Sumber Ardhana, 2022)

Property Class	Proof Strength
----------------	----------------

	(N/mm ²)
4.6	225
4.8	310
5.8	380
8.8	600
9.8	650
10.9	830
12.9	970

Setelah *preload* ditentukan, torsi yang diperlukan untuk mengencangkan baut dapat diestimasi dengan rumus:

$$T = K F_i d$$

Dimana:

T = Torsi baut (Nm)
K = Coefficient of friction
 F_i = *Preload* (N)
d = Diameter baut (m)

Tabel 2.3 Nilai K berdasarkan bahan baut (Sumber: Ardhana, 2022)

Conditions	K
1/4 in. to 1 in. mild steel bolts	0.2
Nonplated black finish steel bolts	0.3
Zinc plated steel bolts	0.2
Lubricated steel bolts	0.18
Cadmium plated steel bolt	0.16

2.4. Motor Listrik (DC)

Motor listrik adalah mesin listrik yang berfungsi untuk merubah energi listrik menjadi energi gerak mekanik, energi tersebut berupa putaran dari motor.

2.5 Kunci Ratchet

Kunci *Ratchet* merupakan bagian dari tipe-tipe kunci socket yang dibedakan berdasarkan tuas pemutar atau batangnya.

2.6. Pegas

Bila tarikan atau kompresi bekerja pada pegas ulir, besarnya momen puntir T (kg.mm) adalah tetap untuk seluruh penampang kawat yang bekerja. Untuk diameter lilitan rata-rata (diukur pada sumbu kawat) D (mm), besar momen puntir tersebut adalah.

$$T = (D/2)W_l$$

Tegangan maksimum yang terjadi di permukaan dalam lilitan pegas ulir adalah:

$$\sigma = K \left(\frac{8DW_l}{\pi d^3} \right)$$

Dimana:

T = momen puntir (kg.mm)
D = diameter lilitan (mm)
 W_l = beban (kg)
d = diameter kawat (mm)
K = faktor tegangan Wahl

2.7. Poros

Diameter poros yang terdapat momen puntir, dapat diperoleh dari persamaan berikut:

$$r = \frac{T \cdot r}{J}$$

τ = tegangan puntir (Pa)

T = torsi yang diterima poros (Nm)

r = jari – jari poros (mm)

J = momen inersia kutub pada poros (mm⁴)

Diameter poros yang terdapat momen lentur dapat diperoleh dari persamaan berikut:

$$\frac{M}{I} = \frac{\sigma}{y}$$

Dimana:

M = momen lentur pada poros

I = momen Inersia

y = jari-jari poros

σ = bending stress

Momen lentur pada penampang sabuk datar dihitung menggunakan rumus berikut:

$$F_B = 2.0 F_N = 2.0 \times (T/(D/2))$$

2.8. Bantalan

Tujuan dibuatnya bantalan adalah agar dapat menumpu beban, namun juga tetap memberikan keluasaan gerak relatif antara dua elemen dalam sebuah mesin.

3. Metodologi Penelitian

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

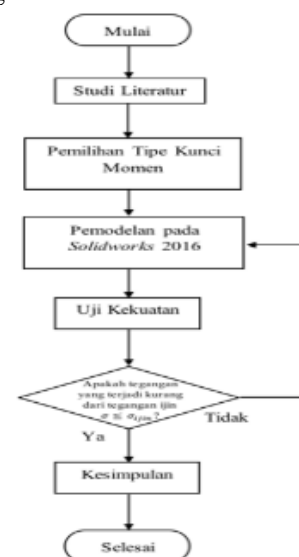
Penelitian ini akan dilaksanakan pada bulan Maret hingga September 2024. Perancangan Kunci Momen dilakukan di kampus tepatnya di Laboratorium Perancangan dan Konstruksi, Fakultas Teknik, Universitas Sam Ratulangi Manado.

3.2 Alat Penelitian

Adapun perangkat lunak tambahan yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu Solidworks 2016 untuk pemodelan tiga dimensi dari alat.

3.3 Diagram Alir Penelitian

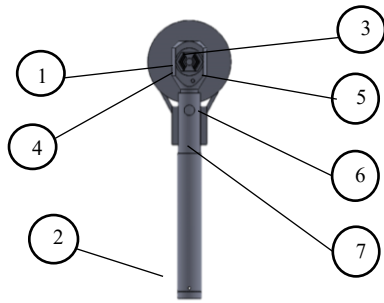
Alur perancangan kunci momen dengan mekanisme adaptasi kepala baut dan pengencang adalah sebagai berikut



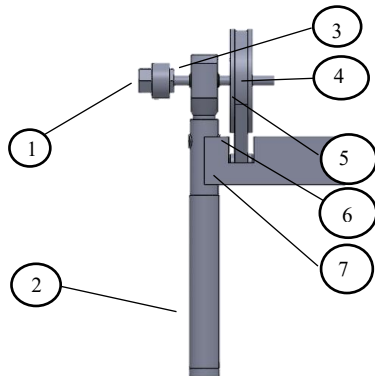
Gambar 3.1 Diagram Alir Perancangan Mekanisme Kunci Momen

3.4 Sketsa Model

Berikut adalah sketsa awal yang dari kunci momen dengan mekanisme terkait



Gambar 3.2 Tampak Depan Kunci Momen



Gambar 3.3 Sketsa Tampak Samping Kunci Momen

Tabel 3.1 Komponen Kunci Momen

NO	NAMA
1	Kepala <i>Socket</i>
2	<i>Handle</i> dan pengatur torsi
3	Kepala <i>ratchet</i>
4	Poros
5	<i>Pulley</i>
6	<i>Belt</i>
7	Motor listrik

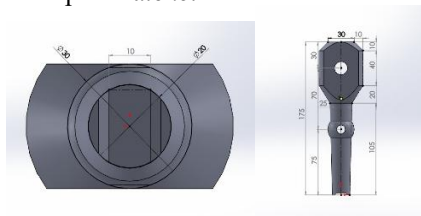
4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Analisis Dimensi Komponen Kunci Momen

Analisis dimensi dilakukan untuk memastikan bahwa setiap komponen kunci momen memiliki ukuran yang sesuai dengan desain dan fungsinya..

Dimensi ini dirancang untuk memastikan kunci momen dapat menahan beban torsi yang diinginkan tanpa deformasi atau kerusakan.

A. Kepala *Ratchet*

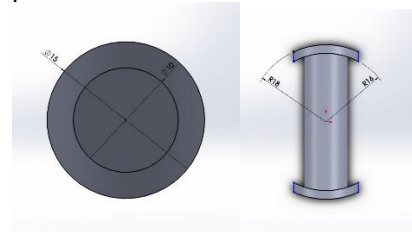


Gambar 4.1 Dimensi Kepala *Ratchet*

Dimensi dari kepala *ratchet* adalah sebagai berikut:

Panjang total = 175 mm
Diameter tempat pin pivot = 30 mm

Diameter tempat pin pusat = 20 mm
Lebar tempat pin pusat = 10 mm
B. Pin pivot

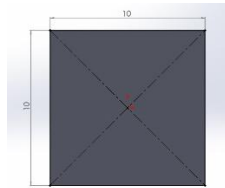


Gambar 4.3 Dimensi Pin Pivot

Dimensi dari pin pivot adalah sebagai berikut:

Diameter pin pivot = 10 mm
Panjang pin = 18 mm x 2 = 36 mm

C. Pin pusat

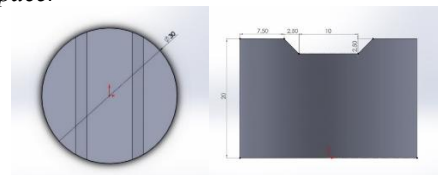


Gambar 4.5 Dimensi Pin Pusat

Dimensi dari pin pusat adalah:

Panjang sisi = 10 mm

D. *Spacer*



Gambar 4.7 Dimensi *Spacer*

Dimensi dari *spacer* adalah sebagai berikut:

Diameter = 30 mm

Lebar tempat pin = 10 mm

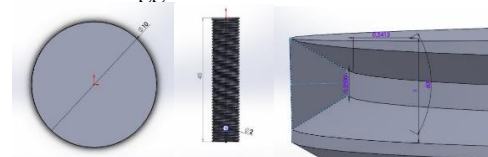
Tinggi *spacer* = 20 mm

Tinggi tempat pin = 2,5 mm

E. Ulir pengatur torsi

Ulir pengatur torsi terdiri dari beberapa bagian, sebagai berikut:

1. Ulir
2. Sambungan atas ulir
3. Sambungan penahan ulir
4. Sambungan penggerak ulir
5. Penggerak ulir



Gambar 4.9 Dimensi ulir

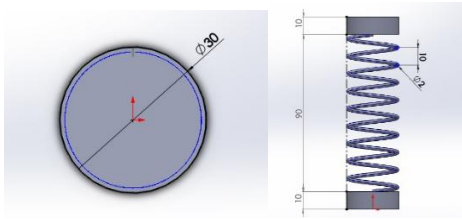
Untuk dimensi dari ulir adalah sebagai berikut:

Diameter ulir = 10 mm

Panjang ulir = 45 mm

Menggunakan spesifikasi baut *metric* M8x1.0.

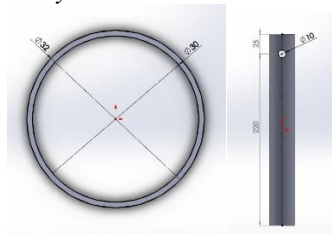
F. Pegas



Gambar 4.16 Dimensi Pegas

Untuk dimensi dari pegas adalah sebagai berikut:

Diameter luar pegas	= 30 mm
Diameter dalam pegas	= 28 mm
Diameter kawat pegas	= 2 mm
Diameter alas pegas	= 30 mm
Jarak antar pitch	= 10 mm
Tinggi pegas	= 90 mm
Tebal alas	= 10 mm x 2
Jumlah lilitan	= 9 lilitan
G. Silinder <i>body</i> atas	

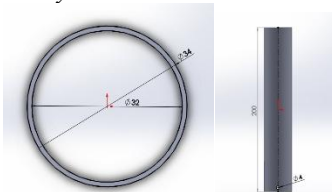


Gambar 4.18 Dimensi Silinder Atas

Untuk dimensi dari silinder *body* atas kunci momen adalah sebagai berikut:

Diameter dalam	= 30mm
Diameter luar	= 32mm
Diameter lubang pin pivot	= 10mm
Panjang	= 245mm

H. Silinder *body* bawah

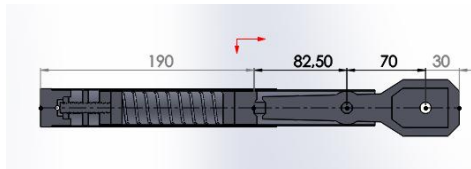


Gambar 4.20 Dimensi Silinder Bawah

Untuk dimensi dari silinder *body* bawah kunci momen adalah sebagai berikut:

Diameter dalam	= 32 mm
Diameter luar	= 34 mm
Diameter lubang pin	= 4 mm
Panjang	= 200 mm

I. Kunci momen



Gambar 4.22 Dimensi Kunci Momen

Dimensi kunci momen adalah sebagai berikut:
Panjang total kunci = 372,50 mm

4.2 Perancangan Pegas

Digunakan material A231 Alloy Steel Wire

dengan daya Tarik = 1930 MPa dan didapatkan juga nilai modulus elastisitas geser baja (G) = 100 GPa atau sama dengan 100×10^9 Pa.

Tegangan maksimum dapat dihitung menggunakan persamaan,

$$\sigma = K \frac{8DW_l}{\pi d^3}$$

$$\sigma = 1,1x \frac{8(0,029)(91,12)}{\pi(0,002)^3}$$

$$\sigma = 925,24 \text{ MPa}$$

4.3 Perhitungan Tegangan pada Komponen

Berikut ini adalah perhitungan tegangan yang terjadi.

1. Gaya F_0 pada kunci momen:

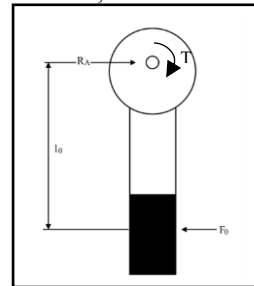
Menerapkan rumus kesetimbangan,

$$\Sigma M_A = 0 \text{ dan } \Sigma F_x = 0$$

Diketahui:

$$T_{max} = 150 \text{ Nm}$$

$$l_0 = 0,34 \text{ m}$$



Tegangan yang terjadi sebesar,

$$\sigma_{VM} = 218,70 \text{ MPa} \approx 219 \text{ MPa}$$

2. Tegangan pada kepala *ratchet*:

Menerapkan rumus kesetimbangan,

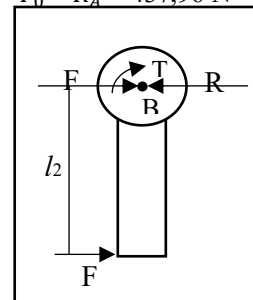
$$\Sigma M_A = 0 \text{ dan } \Sigma F_x = 0$$

Diketahui:

$$T_{max} = 150 \text{ Nm}$$

$$l_2 = 172,50 \text{ mm} = 0,34 \text{ m}$$

$$F_B = F_0 = R_A = 437,96 \text{ N}$$



Tegangan yang terjadi sebesar,

$$\sigma_{VM} = 198 \text{ MPa}$$

3. Tegangan pada pin:

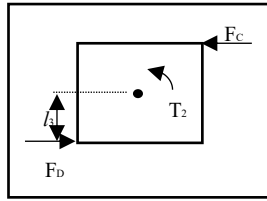
Menerapkan rumus kesetimbangan,

$$\Sigma F_x = 0$$

Diketahui:

$$l_3 = 5 \text{ mm} = 0,005 \text{ m}$$

$$F_C = 869,57 \text{ N}$$



Tegangan yang terjadi sebesar,

$$\tau_{xy} = 26 \text{ MPa}$$

4.4 Perancangan Mekanisme Penyesuaian Kepala Baut

Diameter luar = 40 mm

Lebar *socket* = 15 mm

Lebar penahan *socket* = 5 mm

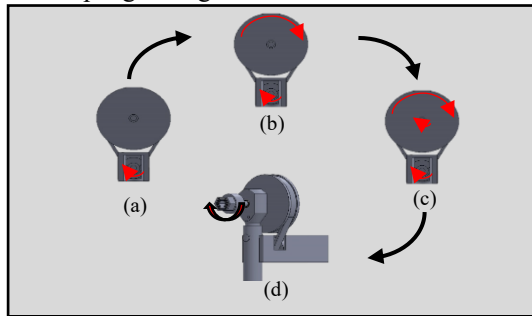
Berikut langkah-langkah prosesnya:

1. *Socket* saling berhadapan.
2. *Socket* berukuran di bawah didorong masuk ke dalam.
3. *Socket* ditarik keluar dari baut.
4. *Socket* dapat dikembalikan ke posisi semula.

Mekanisme ini bisa digunakan untuk berbagai ukuran kepala baut, sehingga bisa mempersingkat waktu proses penggantian *socket* pada pengoperasiannya.

4.5 Perancangan Mekanisme Penyingkat Waktu Pengencangan

4.5.1 Cara kerja mekanisme penyingkat waktu pengencangan



Gambar 4.27 Cara Kerja Mekanisme Penyingkat Waktu Pengencangan

Cara kerjanya dijelaskan di bawah ini:

1. Motor dinyalakan dan memutar *pulley* 1.
2. *Pulley* 2 yang terhubung dengan *pulley* 1 melalui sabuk ikut bergerak berdasarkan putaran motor.
3. Poros yang ikut bergerak akibat putaran dari *pulley* 2.
4. Kepala *socket* yang terhubung dengan poros ikut berputar.

Tautan untuk melihat simulasi gerak mekanisme penyingkat waktu pengencangan:

<https://youtu.be/vkIoZ1yxZiU>

4.5.2 Perhitungan torsi yang dihasilkan

Dengan menggunakan spesifikasi motor dan *pulley* yang dipilih, maka perhitungannya adalah sebagai berikut.

Rumus yang digunakan:

$$P = T \cdot \omega$$

Diketahui:

$$T_{max} = 22,5 \text{ Nm}$$

$$n_1 = 1263 \text{ rpm}$$

Kecepatan putaran poros satu dalam radian per sekon,

$$\omega_1 = 132,26 \text{ rad/s}$$

Kecepatan putaran poros dua didapat sebesar,

$$\omega_2 = 18,89 \text{ rad/s}$$

diasumsikan daya motor tidak terbuang, maka torsi yang dihasilkan pada poros kedua adalah,

$$P_1 = P_2$$

$$T_1 \cdot \omega_1 = T_2 \cdot \omega_2$$

$$T_2 = \frac{T_1 \cdot \omega_1}{\omega_2}$$

$$T_2 = \frac{22,5 \text{ Nm} \cdot 132,26 \text{ rad/s}}{18,89 \text{ rad/s}}$$

$$T_2 = 157,54 \text{ Nm}$$

Torsi yang dihasilkan melebihi torsi yang diperlukan, yaitu 150 Nm, maka mencukupi untuk mengencangkan baut.

4.5.3 Perhitungan waktu pengencangan

Dengan menggunakan baut berukuran M18x1,5x35mm, waktu yang diperlukan untuk mengencangkan baut dapat dihitung dengan asumsi bahwa 1 putaran baut memerlukan waktu 1 detik untuk pengencangan tanpa mekanisme. Perhitungannya sebagai berikut.

Jika baut diputar 1 putaran penuh, jarak ulir yang ditempuh sama dengan jarak pitch = 1,5 mm. untuk panjang 35 mm maka putaran yang diperlukan adalah.

$$\text{putaran} = \frac{35 \text{ mm}}{1,5 \text{ mm}}$$

$$\text{putaran} = 23,33 \text{ putaran} \approx 24 \text{ putaran}$$

Mengubah ω_2 menjadi rotasi per detik (rps).

$$n_2 = \frac{\omega_2 \cdot 30}{\pi} \times \frac{1 \text{ menit}}{60 \text{ detik}}$$

$$n_2 = \frac{18,89 \cdot 30}{\pi} \times \frac{1}{60}$$

$$n_2 = 3,01 \text{ rps}$$

Waktu yang diperlukan mekanisme untuk menempuh L adalah.

$$t = \frac{24 \text{ putaran}}{3,01 \text{ rps}}$$

$$t = 7,97 \text{ detik}$$

Untuk pengencangan tanpa mekanisme, berdasarkan asumsi 1 putaran sama dengan 1 detik adalah

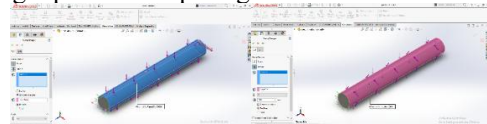
$$t = 24 \text{ putaran} \times \frac{1 \text{ detik}}{1 \text{ putaran}}$$

$$t = 24 \text{ detik}$$

Maka menggunakan mekanisme bisa mengencangkan baut dengan waktu tiga kali lebih cepat dari pengencangan tanpa mekanisme.

4.5.4 Perancangan poros

Terdapat dua gaya yang bekerja pada poros, yang diperlihatkan pada gambar solidworks berikut.



Gambar 4.28 Gaya dan Arah Gaya Pada Poros

Gaya tersebut adalah:

1. Gaya torsi (T) yang dihasilkan dari motor
2. Gaya tarik (F) dari sabuk.

Untuk Torsi sudah ditetapkan sebesar 150 Nm, sedangkan untuk gaya tarik (F) karena jenis penampang yang digunakan adalah penampang flat, maka untuk gaya tarik dapat dihitung sebagai berikut:

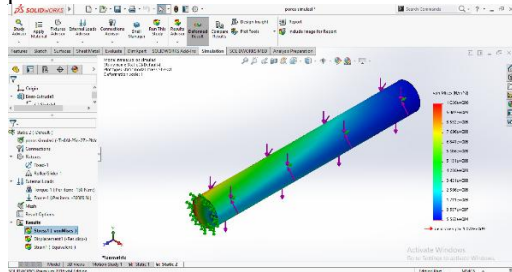
$$F = 2 \times \frac{T}{(D/2)}$$

$$F = 2 \times \frac{T}{r}$$

$$F = 2 \times \frac{150 \text{ Nm}}{0,01 \text{ m}}$$

$$F = 30000 \text{ N}$$

Berdasarkan kedua gaya tersebut didapatkan tegangan vonmises (σ_{VM}) menggunakan solidworks seperti berikut.



Gambar 4.29 Tegangan Vonmises Poros Menggunakan Solidworks.

Dari hasil simulasi didapatkan nilai tegangan vonmises (σ_{VM}) sebesar 1,02 GPa. Bahan yang digunakan adalah Ti-6Al-2Sn-2Zr-2Mo-2Cr-0,25Si (SS) dengan tegangan luluh sebesar 1,07 GPa.

Tegangan yang terjadi berada di bawah dari tegangan luluh bahan, menandakan bahwa bahan yang dipilih aman untuk digunakan

4.5.5 Pemilihan motor

Untuk Motor, digunakan motor tipe LRPX40 brushless DC Planetary Gear Motor dengan spesifikasi sebagai berikut:

Torsi maksimum	= 22,5 N.m
Diameter luar	= 40 mm
Diameter shaft	= 10 mm
Panjang total	= 123,6 mm
Kecepatan putar	= 1263 rpm

4.5.6 Perhitungan pulley dan sabuk

Diameter shaft dari motor tipe LRPX40 brushless DC Planetary Gear Motor sebesar 10 mm dan torsi maksimum dari motor sebesar 22,5 Nm. Dibutuhkan torsi maksimum sebesar 150 Nm agar kunci dapat bekerja dengan baik maka digunakan pulley untuk mencapai torsi yang diinginkan. Untuk pulley penggerak, yang terhubung dengan motor, memiliki torsi sebesar 22.5 Nm, agar dapat mencapai 150 Nm pada pulley yang digerakkan maka diperlukan rasio diameter pulley yang bisa didapat melalui perbandingan kedua torsi sebagai berikut.

$$\text{rasio} = \frac{T_{\text{driver}}}{T_{\text{driven}}}$$

$$\text{rasio} = \frac{22,5 \text{ Nm}}{150 \text{ Nm}}$$

$$\text{rasio} = \frac{1}{6,67}$$

Untuk diameter pulley penggerak dapat disesuaikan dengan diameter shaft motor, maka diameter pulley penggerak dapat ditentukan sebesar 15 mm. Diameter yang digerakkan kemudian dapat dihitung dengan mengalikannya dengan rasio 1:7.

$$\frac{15 \text{ mm}}{d_{\text{driven}}} = \frac{1}{7}$$

$$d_{\text{driven}} = 7 \times 15 \text{ mm}$$

$$d_{\text{driven}} = 105 \text{ mm}$$

Jarak sumbu adalah 95mm, panjang sabuk dapat dihitung.

$$L = \pi \times \frac{15 + 105}{2} + 2(95) + \frac{(105 - 15)^2}{4(95)}$$

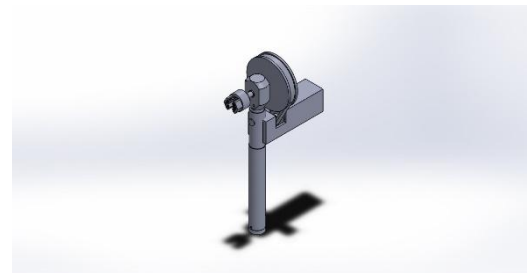
$$L = 188,5 + 2C + 21,3$$

$$L = 399,8 \text{ mm} \approx 400 \text{ mm}$$

Untuk mencegah slip akibat torsi tinggi maka akan digunakan jenis sabuk Timing Belt 400mm HTD 5M yang pengaplikasiannya untuk torsi berkisar dari 200-500Nm.

4.5.7 Gambar akhir kunci momen

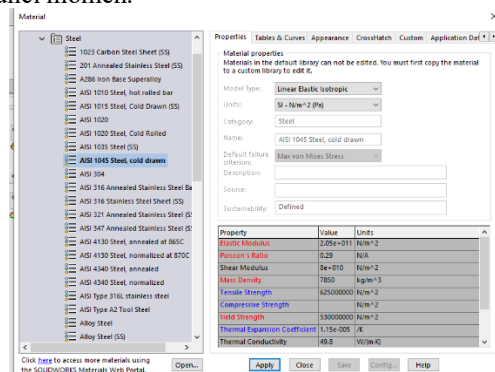
Gambar akhir dari rancangan kunci momen beserta kedua mekanismenya ditampilkan sebagai berikut.



Gambar 4.30 Tampilan Akhir Kunci Momen

4.6 Pemilihan Bahan Komponen

Dalam penelitian ini hanya akan menggunakan satu bahan saja dan dalam pemilihannya hanya dilihat dari tegangan tertinggi yang terjadi pada kunci momen.



Gambar 4.31 Spesifikasi AISI 1045 Steel, Cold Drawn.

Bahan yang digunakan adalah AISI 1045 steel, cold drawn dengan nilai tegangan luluh sebesar 530

MPa, sedangkan untuk tegangan tertinggi yang terjadi pada kunci momen berdasarkan perhitungan sebesar 219 MPa. Berdasarkan persyaratan tegangan, bahwa tegangan, dalam hal ini tegangan vonmises, yang terjadi harus kurang dari atau sama dengan tegangan ijin ($\sigma_{VM} \leq \sigma_{ijin}$) dan dengan menggunakan faktor keamanan 2, maka didapatkan persamaan,,

$$\sigma_{VM} \leq \frac{\sigma_{yield}}{2}$$

$$219 \text{ MPa} \leq \frac{530 \text{ MPa}}{2}$$

$$219 \text{ MPa} \leq 265 \text{ MPa}$$

Tegangan yang terjadi berada di bawah dari tegangan ijin bahan, menandakan bahwa bahan yang dipilih aman untuk digunakan

4.7 Perhitungan Torsi Baut

Untuk jenis dan bahan baut yang digunakan adalah:

- Ukuran diameter ulir baut berdasarkan batasan masalah: 8mm sampai 18mm
- Baut *grade 4.6 ISO metric fine pitch thread*
- Bahan baut: *Zinc plated steel bolts*

Perhitungan torsi yang diperlukan untuk mengencangkan baut hanya dilakukan menggunakan ukuran diameter terbesar yaitu baut dengan spesifikasi M8x1,5

Nilai *preload* dapat dihitung menggunakan persamaan *preload* dengan sambungan *nonpermanent*:

$$F_i = 0.75A_t\sigma_p$$

$$F_i = 0.75x(216)x(225)$$

$$F_i = 36450 \text{ N}$$

Didapat nilai F_i untuk baut dengan diameter terbesar. Untuk menghitung Torsi memerlukan nilai koefisien gesek (K) dari baut yang dapat dilihat pada tabel 2.3. Untuk baut dengan bahan *zinc plated steel bolts*, koefisien geseknya adalah 0,2.

$$T = KF_id$$

$$T = (0,2)x(36450)x(0,018)$$

$$T = 131,22 \text{ Nm}$$

Torsi yang harus ditanggung kunci momen adalah sebesar 131,22 Nm sedangkan Torsi maksimal yang dapat ditanggung kunci momen adalah sebesar 150 Nm berdasarkan rancangan. Dapat disimpulkan bahwa rancangan kunci momen bisa mengencangkan baut dengan spesifikasi tertinggi M18x1,5.

5. Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

- Kunci momen yang dirancang memiliki ketahanan terhadap torsi maksimum yang diperlukan untuk mengencangkan baut berukuran terbesar M18. Berdasarkan perhitungan, didapat nilai torsi yang diperlukan untuk mengencangkan baut M18x1,5, yaitu 131,22 Nm, sedangkan berdasarkan perancangan kunci momen ini mampu untuk menanggung torsi maksimum sebesar 150 Nm. Perancangan mekanisme adaptasi kepala baut dalam sistem kunci momen ini mampu mengakomodasi

variasi ukuran kepala baut yang berkisar dari M8 sampai M18. Dengan adanya mekanisme ini, waktu yang diperlukan untuk mengencangkan baut menjadi tiga kali lebih singkat dari waktu pengencangan pada umumnya, serta memperkecil tenaga yang diperlukan teknisi pada saat proses pengencangan.

- Mekanisme pengencang yang menggunakan motor dalam desain kunci momen ini memberikan keuntungan berupa kontrol yang lebih presisi dan konsisten dalam proses pengencangan. Dalam perancangan ini, komponen dalam mekanisme seperti motor mampu untuk mentransmisikan torsi sebesar 157,5 Nm dengan bantuan dari *pulley*, yang mana melebihi torsi maksimum 150 Nm. Poros yang terhubung dengan *socket* juga mampu untuk menahan torsi maksimum yang telah ditetapkan. Dengan adanya mekanisme ini, waktu yang diperlukan untuk mengencangkan baut menjadi lebih singkat dari waktu pengencangan pada umumnya, serta memperkecil tenaga yang diperlukan teknisi pada saat proses pengencangan.

5.2 Saran

Untuk pengembangan lebih lanjut, penulis menyarankan kepada peneliti berikutnya untuk mempertimbangkan beberapa faktor, antara lain dalam pengembangan mekanisme adaptasinya, dapat diperluas kemampuan adaptasi ukuran kepala baut. Berikutnya diperlukan analisis biaya dan efisiensi kerja, karena walaupun dalam perancangannya sudah ditemukan bahan dan komponen seperti motor yang sesuai, dalam penggunaannya bahan tersebut belum tentu terjangkau dan dimensi dari komponen bisa saja berpengaruh pada pengguna alat. Selanjutnya agar dapat dilakukan pengujian eksperimental untuk memvalidasi kinerja kunci momen dan mekanisme peningkat waktu pengencangan. Terakhir dapat ditambahkan sensor untuk mendeteksi jika sudah tercapai torsi yang diinginkan, mekanisme pengencangnya dapat dimatikan secara otomatis.

Daftar Pustaka

- Ardhana, K. C. Y. 2022. *Pengencangan Baut Dengan Torsi dan Sudut pada Beberapa Variasi Treatment Baut*. Skripsi Program S1 Teknik mesin Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- Budynas, Richard Gordon, and J. Keith Nisbett. *Shigley's mechanical engineering design*. Vol. 9. New York: McGraw-Hill, 2011.
- ElectroCraft, LRPX40 Brushless DC Planetary Gear Motor*.
<https://www.electrocrafter.com/products/bldc/LRPX40/>, 2 Januari 2025.
- Fadli, M., Insani, A. K., Delima, K., dan Mahfud, T. A. R. 2022. *Kajian Mekanika pada Materi Pesawat Sederhana: Review Publikasi Ilmiah*. Mitra Pilar: Jurnal

- Pendidikan, Inovasi, dan Terapan Teknologi. Vol. 1, Is. 2, pp. 171-190
- Juan. Fungsi Kunci *Ratchet* dan Cara Penggunaannya. <https://www.teknik-otomotif.com/2019/04/fungsi-kunci-Ratchet-dan-cara.html>, 7 Desember 2024
- Luca, & Bochesse, G & Ferrero, C. 2003. *Uncertainty of Measurement in Torque Wrench Calibration*.
- Marti, N.W. 2012. *Pengembangan Media Pembelajaran Pesawat Sederhana untuk Siswa Sekolah Dasar berbasis Multimedia*.
- Riantiningsih, Melinda. 2019. *Analisa Akurasi Penggunaan Strain Gauge dan Transducer pada Kunci Momen*. Jurnal Teknik Mesin, Vol. 8, Is. 2, pp. 110-119.
- Rodriguez, J.A., Castano, J.A., & Saeed, A. 2020. *Modular Torque Wrench Extension with Heads-up Display*.
- Suharto, Stefanus, et al. "Pengaruh Pengencangan Baut Terhadap Lendutan Pada Model Jembatan Rangka Baja." *Jurnal Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil Universitas Brawijaya*, vol. 1, Is. 1.
- Sularso, K.Suga. 2002. *Design of Machine Elements*. Vol 10. Pradnya Paramita. Jakarta.
- Sutriyono, Sekolah penggerak. <https://files1.simpkb.id/guruberbagi/rpp/24794-1673411839.pdf>, 13 Januari 2025
- Umam, F., Budiarto, H., dan Dafid, A. 2017. *Motor Listrik*. MNC Publishing. Malang
- Wang, Y & Zhang, Q & Gou, C & Su, D. (2018). Development of a Portable Torque Wrench Tester. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. Vol. 317.
- Xu, J., Zhao, Y., & Chen, K. 2020, *Development of a High-precision Digital Display Torque Wrench*. Journal of Physics: Conference Series, Vol. 1626.