

**MODUL AJAR
MEKANIKA MESIN
ABE620307**



**Oleh:
Febryan Kusuma Wisnu, S.T.P., M.Sc.**

**JURUSAN TEKNIK PERTANIAN
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
LAMPUNG
2025**

MODUL AJAR MEKANIKA MESIN (ABE620307)

Jurusan Teknik Pertanian

Fakultas Pertanian

Universitas Lampung

PENYUSUN

Nama : Febryan Kusuma Wisnu, S.T.P. M.Sc.

NIP : 19002262019031012

Jabatan Akademik : Lektor

Email : febryan.wisnu@fp.unila.ac.id

Jumlah SKS : 2 SKS (kuliah) + 1 SKS (responsi)

Semester : 5

Mata Kuliah Wajib Program Studi

Diterbitkan oleh:

Jurusan Teknik Pertanian

Fakultas Pertanian

Universitas Lampung

Bandar Lampung

2025

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas limpahan rahmat dan karunia-Nya, sehingga modul ajar *Mekanika Mesin* ini dapat disusun sebagai bahan ajar bagi mahasiswa Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.

Modul ini disusun sebagai penunjang perkuliahan pada mata kuliah Mekanika Mesin yang berbobot 2 SKS kuliah dan 1 SKS responsi. Materi dalam modul ini meliputi dasar-dasar tegangan, torsi, dan beban pada komponen mesin, serta pembahasan praktis tentang poros, pegas, roda gigi, transmisi daya, dan elemen mesin lainnya yang digunakan dalam sistem pertanian. Penyusunan modul ini merujuk pada Rencana Pembelajaran Semester (RPS) yang telah disusun berdasarkan capaian pembelajaran lulusan (CPL) dan capaian pembelajaran mata kuliah (CPMK).

Modul ini dirancang agar dapat digunakan secara fleksibel baik untuk pembelajaran tatap muka maupun daring, serta memungkinkan mahasiswa belajar mandiri dengan dukungan ilustrasi, contoh soal, latihan, dan evaluasi. Diharapkan modul ini tidak hanya membantu mahasiswa memahami materi mekanika mesin secara teoritis, tetapi juga mampu mengaitkan dengan konteks aplikatif di bidang teknik pertanian.

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan dan kontribusi dalam penyusunan modul ini, khususnya kepada rekan dosen dan tim penyusun RPS.

Akhir kata, penulis menyadari bahwa modul ini masih memiliki kekurangan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan untuk penyempurnaan di masa mendatang.

Penyusun

Febryan Kusuma Wisnu, S.T.P., M.Sc.

NIP. 199002262019031012

DAFTAR ISI

HALAMAN IDENTITAS.....	ii
KATA PENGANTAR.....	iii
DAFTAR ISI.....	iv
BAB I. PENDAHULUAN	1
1.1. Pengantar Mekanika Mesin.....	1
1.2. Peran Mekanika Mesin dalam Teknik Pertanian.....	1
1.3. Tujuan Mata Kuliah Mekanika Mesin.....	2
1.4. Ruang Lingkup Materi.....	2
1.5. Etika Akademik dan Harapan.....	3
1.6. Sistem Evaluasi	3
1.7. Referensi	3
BAB II. <i>Simple Stress</i>	5
2.1. Pengantar Tegangan dan Regangan	5
2.2. Tegangan Normal.....	5
2.3. Regangan	6
2.4. Hukum Hooke	6
2.5. Grafik Tegangan-Regangan	6
2.6. Tegangan Geser (<i>Shear Stress</i>).....	7
2.7. Faktor Keamanan (<i>Safety Factor</i>).....	7
2.8. Contoh Soal	8

2.9. Latihan Mandiri	8
2.10. Rangkuman.....	9
2.11. Referensi.....	9
BAB III. Tegangan Puntir (<i>Torsional Stress</i>).....	10
3.1. Pendahuluan.....	10
3.2. Torsi dan Sudut Puntir.....	10
3.3. Tegangan Geser Akibat Puntir.....	11
3.4. Sudut Puntir	12
3.5. Batas Puntir dan Kegagalan	13
3.6. Aplikasi di Teknik Pertanian.....	13
3.7. Contoh Soal	13
3.8. Latihan	14
3.9. Rangkuman	14
3.10. Referensi	14
BAB IV. POROS (<i>SHAFTS</i>).....	15
4.1. Pengantar	15
4.2. Jenis-Jenis Poros.....	15
4.3. Beban pada Poros	15
4.4. Tegangan pada Poros	16
4.5. Diameter Poros	16
4.6. Sambungan pada Poros	17
4.7. Defleksi Poros.....	17

4.8. Aplikasi di Teknik Pertanian.....	17
4.9. Contoh Soal	18
4.10. Latihan Mandiri	18
4.11. Rangkuman.....	18
4.12. Referensi	19
BAB V. PEGAS (<i>SPRINGS</i>)	20
5.1. Pengantar	20
5.2. Fungsi Pegas dalam Sistem Mekanik	20
5.3. Parameter Desain Pegas Spiral	21
5.4. Gaya dan Defleksi Pegas.....	21
5.5. Desain Pegas dalam Aplikasi Teknik Pertanian.....	21
5.6. Contoh Soal	22
5.7. Latihan	22
5.8. Rangkuman	23
5.9. Referensi	23
BAB VI. RODA GIGI (<i>GEARS</i>)	24
5.1. Pengantar	24
6.2. Fungsi Roda Gigi	24
6.3. Jenis-Jenis Roda Gigi	24
6.4. Terminologi Dasar Roda Gigi	25
6.5. Rasio Roda Gigi.....	25
6.6. Gaya dan Efisiensi	26

6.7. Aplikasi Roda Gigi di Mesin Pertanian	26
6.8 Contoh Soal	26
6.9. Latihan	27
6.10. Rangkuman.....	27
6.11. Referensi.....	27
BAB VII. UJIAN TENGAH SEMESTER	28
7.1. Deskripsi	28
7.2. Format Ujian	28
7.3. Petunjuk Belajar	28
7.4 Ketentuan Pelaksanaan	29
7.5. Kisi-Kisi Ujian	29

BAB I. PENDAHULUAN

1.1. Pengantar Mekanika Mesin

Mekanika mesin merupakan cabang dari ilmu teknik mesin yang berfokus pada perancangan, analisis, dan evaluasi elemen-elemen mesin yang berfungsi untuk mentransmisikan daya dan gerak. Dalam konteks rekayasa pertanian, mekanika mesin menjadi dasar penting dalam merancang komponen pada alat dan mesin pertanian (alsintan), seperti traktor, alat panen, mesin pengolahan hasil, dan sistem transportasi hasil pertanian.

Berbeda dengan mekanika teknik yang lebih menekankan pada analisis gaya dan momen dalam struktur statis, mekanika mesin lebih difokuskan pada elemen-elemen yang bergerak, seperti poros, roda gigi, sabuk (*belt*), rantai (*chain*), pegas, ulir daya (*power screw*), dan komponen lainnya. Elemen-elemen tersebut mengalami beban dinamis, torsi, gaya sentrifugal, dan kecepatan tinggi yang membutuhkan perhitungan dan desain yang cermat agar aman dan efisien.

1.2. Peran Mekanika Mesin dalam Teknik Pertanian

Dalam teknik pertanian, berbagai proses produksi dan pengolahan hasil membutuhkan sistem mekanik yang andal. Misalnya, saat memanen padi menggunakan combine harvester, ada puluhan komponen bergerak yang saling mentransmisikan daya dari mesin utama ke pemotong, pengangkut, perontok, hingga pengumpul gabah. Semua ini tidak akan bekerja dengan baik tanpa desain sistem mekanik yang matang.

Dengan memahami mekanika mesin, mahasiswa teknik pertanian dapat:

- a. Memastikan dimensi dan kekuatan poros sesuai beban lapangan.
- b. Memilih tipe roda gigi dan rasio transmisi yang optimal.
- c. Mendesain sistem sabuk atau rantai untuk efisiensi tenaga.
- d. Menghitung batas kecepatan poros agar tidak mengalami resonansi.

- e. Merancang sistem sambungan yang kuat dan aman.

Tanpa landasan mekanika mesin, risiko kegagalan mesin dalam praktik lapangan akan jauh lebih tinggi, dan efisiensi kerja akan menurun.

1.3. Tujuan Mata Kuliah Mekanika Mesin

Tujuan utama mata kuliah ini adalah membekali mahasiswa dengan kemampuan untuk:

- a. Memahami prinsip dasar tegangan, regangan, dan torsi pada elemen mesin
- b. Menganalisis kekuatan dan dimensi komponen seperti poros, pegas, roda gigi, dan sambungan
- c. Menghitung dan mengevaluasi sistem transmisi daya pada alat dan mesin pertanian.
- d. Merancang solusi mekanik sederhana berdasarkan kondisi kerja actual.

Dengan capaian tersebut, mahasiswa akan siap menghadapi tantangan teknis di lapangan, baik dalam merancang alat baru, memodifikasi sistem yang ada, maupun mengevaluasi kerusakan komponen secara analitis.

1.4. Ruang Lingkup Materi

Mata kuliah mekanika mesin disusun dalam 16 pertemuan, mencakup penguasaan teori, responsi/latihan soal, dan ujian. Materi meliputi:

1. Tegangan dan Regangan
2. Torsional Stress dan Sudut Puntir
3. Poros dan Aplikasinya
4. Pegas dan Defleksi
5. Roda Gigi dan Rasio Transmisi
6. Curve Beam dan Tegangan pada Elemen Lengkung
7. Kecepatan Kritis Poros
8. Sistem Transmisi Daya
9. Belt Drive dan Beban Sabuk

10. Coupling dan Ketidaksejajaran
11. Power Screw (Ulir Daya)
12. Sambungan Pin dan Tegangan Geser
13. Evaluasi dan Ujian Akhir

Setiap pokok bahasan akan diikuti dengan contoh soal, pembahasan, dan latihan untuk memperkuat pemahaman mahasiswa terhadap aplikasi konsep.

1.5. Etika Akademik dan Harapan

Mahasiswa diharapkan mengikuti mata kuliah ini dengan sikap aktif, jujur, dan bertanggung jawab. Pelanggaran seperti plagiarisme, mencontek saat ujian, atau mengabaikan tugas akan dikenakan sanksi sesuai peraturan akademik universitas.

Kolaborasi dalam menyelesaikan soal latihan sangat dianjurkan, namun tugas individu harus dikerjakan secara mandiri. Dosen dan asisten dosen terbuka untuk diskusi dan konsultasi akademik di luar jam kuliah, baik melalui tatap muka maupun forum daring.

1.6. Sistem Evaluasi

Penilaian terhadap capaian mahasiswa dalam mata kuliah ini terdiri dari:

Komponen Penilaian	Bobot (%)
Responsi dan Kuis	30
Ujian Tengah Semester	30
Ujian Akhir Semester	30
Partisipasi dan Tugas	10
Total	100

Untuk lulus, mahasiswa harus memperoleh nilai akhir minimal sesuai standar institusi dan mengikuti minimal 80% dari seluruh kegiatan kuliah dan responsi.

1.7. Referensi

1. Juvinall, R.C. & Marshek, K.M. (2012). *Fundamentals of Machine Component Design*. Wiley.
2. Shigley, J.E. & Mischke, C.R. (2004). *Mechanical Engineering Design*. McGraw-Hill.

3. Spotts, M.F. et al. (2003). *Design of Machine Elements*. Pearson.
4. Khurmi, R.S. & Gupta, J.K. (2005). *A Textbook of Machine Design*. Eurasia Publishing.

BAB II. *Simple Stress*

2.1. Pengantar Tegangan dan Regangan

Dalam perancangan mesin dan struktur, setiap komponen akan dikenai gaya selama pengoperasiannya. Ketika gaya diberikan, benda akan mengalami perubahan bentuk—entah itu memanjang, memendek, atau bergeser. Untuk menganalisis perubahan ini, digunakan dua konsep utama: tegangan (*stress*) dan regangan (*strain*). Keduanya adalah dasar untuk memahami perilaku material sebelum kita masuk ke perhitungan desain.

2.2. Tegangan Normal

Tegangan adalah gaya per satuan luas yang terjadi di dalam benda sebagai respons terhadap gaya eksternal. Jika gaya bekerja tegak lurus terhadap bidang penampang, maka disebut tegangan normal.

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

Keterangan:

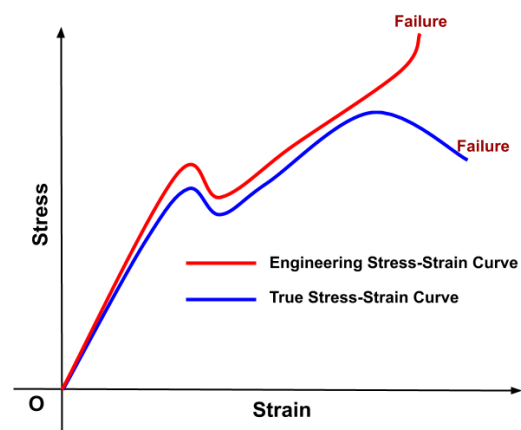
σ = tegangan (Pa atau N/m²)

F = gaya normal (N)

A = luas penampang (m² atau mm²)

Tegangan dapat dibagi menjadi:

- Tegangan tarik: jika gaya menarik benda
- Tegangan tekan: jika gaya mendorong benda



2.3. Regangan

Regangan adalah perubahan relatif panjang benda akibat tegangan yang diterima.

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0}$$

Keterangan:

ε = regangan (tanpa satuan)

ΔL = perubahan panjang (m atau mm)

L_0 = panjang awal benda

Regangan bisa:

- Positif → memanjang (tarik)
- Negatif → memendek (tekan)

2.4. Hukum Hooke

Dalam batas elastis, hubungan antara tegangan dan regangan bersifat linier. Ini disebut

Hukum Hooke:

$$\sigma = E \cdot \varepsilon$$

Keterangan:

E = modulus elastisitas (Young's modulus), dalam Pa

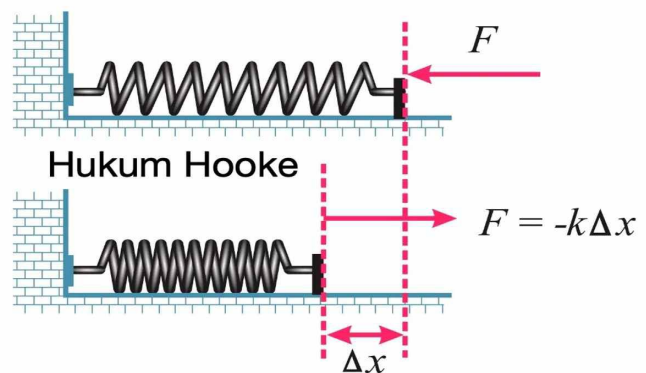
σ = tegangan

ε = regangan

Nilai modulus elastisitas untuk beberapa

bahan umum:

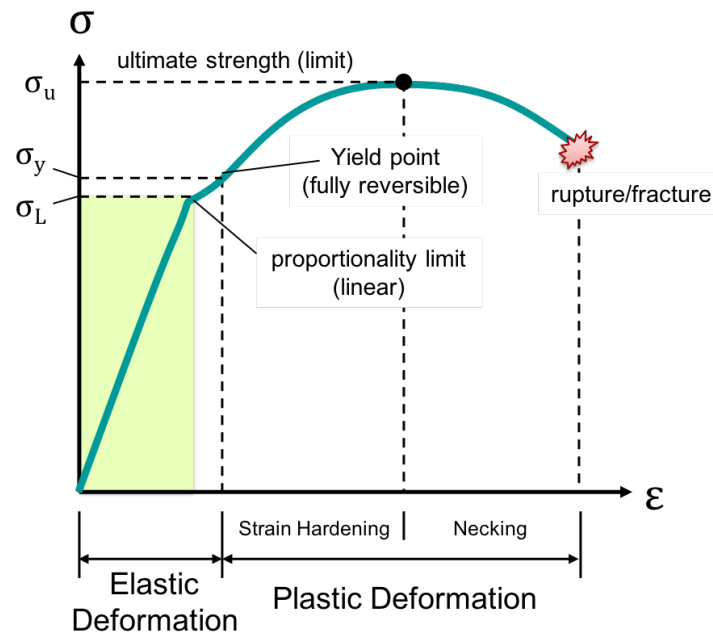
- Baja: ± 200 GPa
- Aluminium: ± 70 GPa
- Karet: < 10 MPa



2.5. Grafik Tegangan-Regangan

Grafik tegangan-regangan memberikan gambaran umum perilaku material ketika diberi beban. Untuk baja, grafiknya khas sebagai berikut:

1. Daerah elastis – linier, sesuai Hukum Hooke
2. Titik luluh (*yield point*) – material mulai berubah bentuk permanen
3. Daerah plastis – deformasi tidak kembali
4. Tegangan maksimum – titik beban tertinggi
5. Fraktur (patah) – material putus



2.6. Tegangan Geser (*Shear Stress*)

Selain tegangan normal, komponen juga bisa mengalami **tegangan geser**, yaitu tegangan akibat gaya yang sejajar permukaan.

$$\tau = \frac{F}{A}$$

Tegangan geser penting dalam analisis sambungan seperti baut, pin, dan paku keling.

2.7. Faktor Keamanan (*Safety Factor*)

Desain elemen mesin harus mempertimbangkan ketidakpastian beban, kualitas material, dan kondisi lingkungan. Oleh karena itu, digunakan faktor keamanan:

$$n = \frac{\sigma_{izin}}{\sigma_{kerja}}$$

Nilai umum:

- 1,5–2,0 untuk aplikasi umum
- 3 untuk aplikasi keselamatan tinggi

2.8. Contoh Soal

Contoh 1

Batang baja luas penampang 300 mm² ditarik oleh gaya 6000 N. Berapa tegangan tariknya?

$$\sigma = \frac{6000}{300} = 20 \text{ MPa}$$

Contoh 2

Batang panjang awal 1000 mm memanjang menjadi 1002 mm. Hitung regangan!

$$\epsilon = \frac{2}{1000} = 0,002 = 0,2\%$$

Contoh 3

Jika $\sigma = 50 \text{ MPa}$ dan $\epsilon = 0,0025$, berapa E ?

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon} = \frac{50}{0,0025} = 20.000 \text{ MPa}$$

2.9. Latihan Mandiri

1. Sebuah batang memiliki luas penampang 250 mm² dan diberi beban 12.500 N. Hitung tegangan normalnya.
2. Sebuah batang sepanjang 600 mm bertambah panjang 1,8 mm. Hitung regangan.
3. Jika modulus elastisitas bahan adalah 70 GPa, berapa tegangan saat regangan 0,001?
4. Hitung faktor keamanan jika tegangan izin 80 MPa dan tegangan kerja 40 MPa.

5. Jelaskan perbedaan deformasi elastis dan plastis dengan contoh!

2.10. Rangkuman

- Tegangan adalah gaya per satuan luas; regangan adalah perubahan relatif panjang
- Hukum Hooke menghubungkan tegangan dan regangan secara linier pada daerah elastis
- Grafik tegangan-regangan mencerminkan perilaku material terhadap beban
- Faktor keamanan penting untuk memastikan desain tetap aman dalam kondisi ekstrem

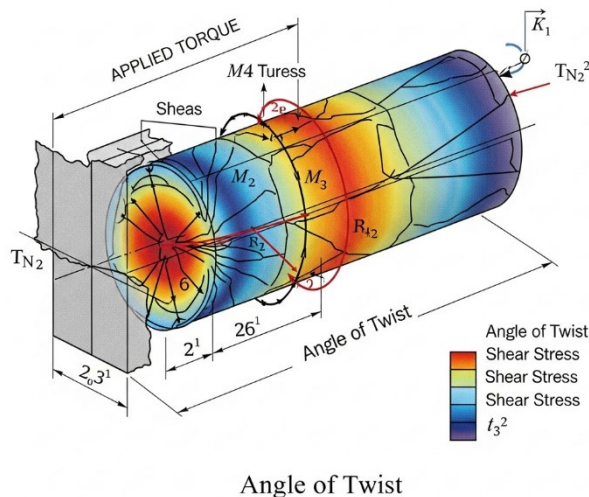
2.11. Referensi

1. Juvinall, R.C. & Marshek, K.M. (2012). *Fundamentals of Machine Component Design*. Wiley.
2. Shigley, J.E. & Mischke, C.R. (2004). *Mechanical Engineering Design*. McGraw-Hill.
3. Khurmi, R.S. & Gupta, J.K. (2005). *A Textbook of Machine Design*. Eurasia Publishing.
4. Budynas, R.G., & Nisbett, J.K. (2014). *Shigley's Mechanical Engineering Design*, 10th ed.

BAB III. Tegangan Puntir (*Torsional Stress*)

3.1. Pendahuluan

Shear Stress Rod Diagram



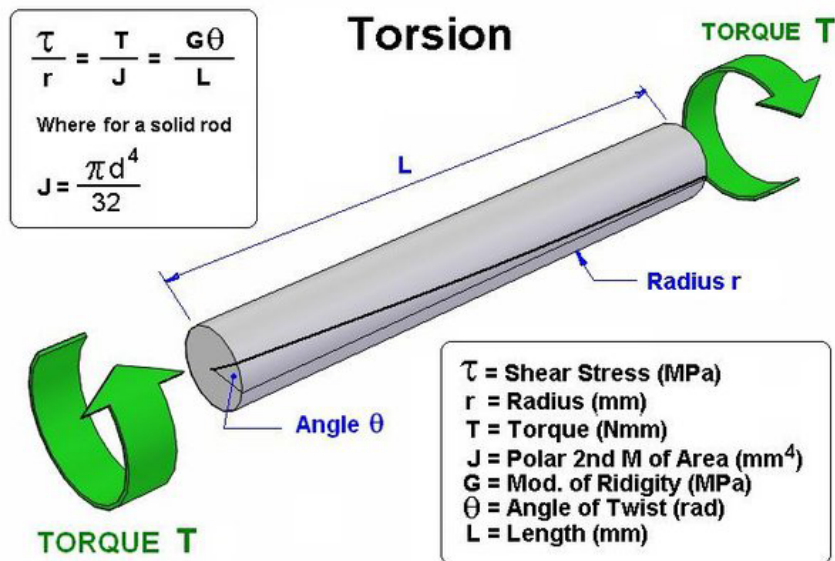
Dalam banyak sistem mekanik, terutama pada mesin dan transmisi daya, kita sering menjumpai elemen berbentuk batang yang berputar untuk menyalurkan torsi. Poros, misalnya, adalah komponen utama dalam sistem transmisi yang mentransfer daya dari mesin ke beban. Ketika poros menerima torsi, maka akan timbul tegangan puntir di

seluruh penampangnya.

Pemahaman tentang tegangan puntir ini sangat penting agar poros tidak mengalami kegagalan seperti retak puntir, deformasi berlebihan, atau bahkan patah total saat beroperasi.

3.2. Torsi dan Sudut Puntir

Torsi (T) adalah momen gaya yang menyebabkan benda berputar terhadap sumbu longitudinalnya. Ketika batang menerima torsi, bagian luar batang cenderung mengalami pergeseran terhadap bagian dalam, menciptakan sudut puntir (θ).



$$T = F \cdot r$$

Keterangan:

T : torsi (N·m)

F : gaya tangensial (N)

r : jarak dari sumbu (m)

3.3. Tegangan Geser Akibat Puntir

Torsi menghasilkan tegangan geser (τ) pada penampang batang. Besarnya tegangan geser pada jarak r dari pusat penampang diberikan oleh rumus:

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

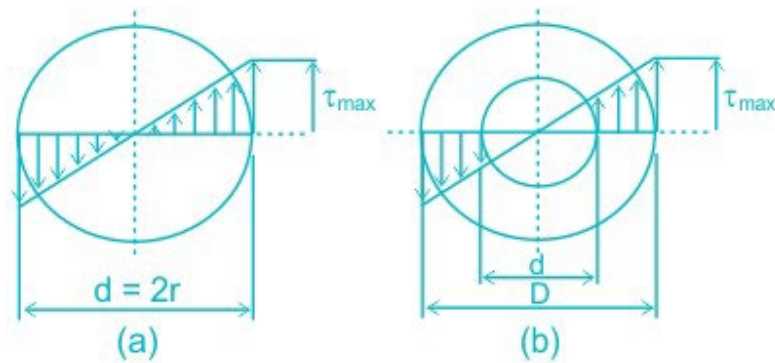
Keterangan:

τ = tegangan geser (Pa)

T = torsi (N·m)

r = jarak dari pusat (m)

J = momen inersia polar (m⁴)



Untuk batang silinder penuh:

$$J = \frac{\pi d^4}{32}$$

Untuk batang silinder berongga:

$$J = \frac{\pi(d_o^4 - d_i^4)}{32}$$

3.4. Sudut Puntir

Deformasi akibat torsi bisa dinyatakan dalam bentuk sudut puntir:

$$\theta = \frac{T \cdot L}{J \cdot G}$$

Keterangan:

θ = sudut puntir (radian)

L = panjang batang (m)

G = modulus geser material (Pa)

Sudut ini menyatakan sejauh mana ujung batang mengalami rotasi relatif terhadap ujung lainnya. Semakin besar $G \rightarrow$ material semakin kaku terhadap puntiran.

3.5. Batas Puntir dan Kegagalan

Material akan mulai rusak jika tegangan geser melampaui batas luluh geser. Untuk menjaga agar poros tidak gagal, digunakan tegangan geser maksimum yang diizinkan sebagai batas desain.

Perlu juga diperhatikan konsentrasi tegangan pada bagian:

- *Keyway* (alur pasak)
- *Shoulder* (pundak poros)
- Sambungan ulir

3.6. Aplikasi di Teknik Pertanian

Dalam rekayasa pertanian, torsi sangat umum terjadi, seperti pada:

- Poros PTO (*Power Take-Off tractor*)
- Penggiling pakan ternak
- Pengaduk pupuk cair
- Komponen penggerak mesin panen dan tanam

Desain poros harus mempertimbangkan beban torsi puncak saat start dan beban dinamis yang berubah-ubah di lapangan.

3.7. Contoh Soal

Contoh 1:

Sebuah poros baja silinder padat dengan diameter 40 mm diberi torsi 500 N·m. Hitung tegangan geser maksimumnya!

$$J = \frac{\pi d^4}{32} = \frac{\pi (0,04)^4}{32} = 2,513 \times 10^{-8} \text{ m}^4$$
$$\tau = \frac{T \cdot r}{J} = \frac{500 \cdot 0,02}{2,513 \times 10^{-8}} = 397,6 \times 10^6 \text{ Pa} = 397,6 \text{ MPa}$$

Contoh 2:

Jika batang sepanjang 1,5 m mengalami sudut puntir 0,01 radian, torsi 200 N·m, dan $J = 1,8 \times 10^{-6} \text{ m}^4$, berapa modulus gesernya?

$$\theta = \frac{T \cdot L}{J \cdot G} \Rightarrow G = \frac{T \cdot L}{J \cdot \theta} = \frac{200 \cdot 1,5}{1,8 \times 10^{-6} \cdot 0,01} = 1,67 \times 10^{10} \text{ Pa}$$

3.8. Latihan

1. Hitung tegangan geser maksimum pada poros Ø 50 mm dengan torsi 1000 N·m.
2. Hitung sudut puntir untuk batang sepanjang 2 m, $J = 3,5 \times 10^{-6} \text{ m}^4$, torsi 300 N·m, dan $G = 80 \text{ GPa}$.
3. Jelaskan mengapa *keyway* pada poros menjadi titik kritis.
4. Bandingkan tegangan geser antara batang padat dan berongga untuk torsi yang sama.
5. Sebutkan minimal 3 komponen pertanian yang bekerja berdasarkan prinsip torsi.

3.9. Rangkuman

1. Torsi menghasilkan tegangan geser pada batang.
2. Tegangan geser maksimum terjadi di permukaan luar batang.
3. Sudut puntir dipengaruhi oleh torsi, panjang batang, modulus geser, dan bentuk penampang.
4. Poros harus dirancang dengan faktor keamanan terhadap puntir dan konsentrasi tegangan

3.10. Referensi

1. Juvinall & Marshek (2012). *Fundamentals of Machine Component Design*. Wiley.
2. Shigley & Mischke (2004). *Mechanical Engineering Design*. McGraw-Hill.
3. Khurmi & Gupta (2005). *Machine Design*. Eurasia Publishing.
4. Budynas & Nisbett (2014). *Shigley's Mechanical Engineering Design*, 10th ed.

BAB IV. POROS (*SHAFTS*)

4.1. Pengantar

Poros adalah elemen mesin berbentuk silinder yang digunakan untuk mentransmisikan daya dan gerakan rotasi dari satu komponen ke komponen lainnya. Poros umum ditemukan pada sistem transmisi kendaraan, mesin pengolah hasil pertanian, dan alat-alat berputar lainnya.



Karena menerima gaya torsi, lentur, bahkan aksial secara bersamaan, perancangan poros memerlukan perhatian khusus terhadap tegangan gabungan, diameter kritis, dan faktor keamanan.

4.2. Jenis-Jenis Poros

Secara umum, poros diklasifikasikan menjadi:

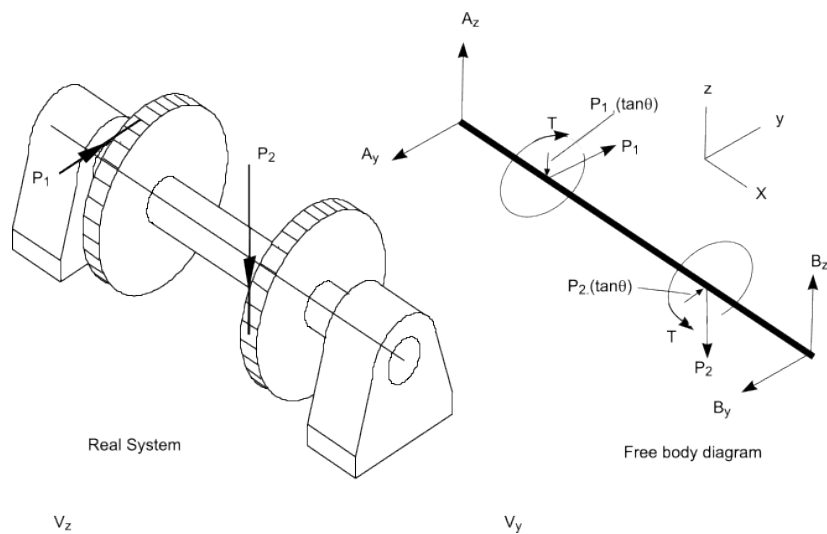
1. Poros Transmisi (*Transmission Shaft*)
 - Menyalurkan daya dari sumber (motor/traktor) ke mesin kerja
 - Contoh: poros PTO pada traktor
2. Poros Mesin (*Machine Shaft*)
 - Bagian dari struktur mesin, berfungsi internal
 - Contoh: *crankshaft*, *camshaft*
3. *Spindle*
 - Poros pendek yang berputar di dalam mesin (untuk pengikatan benda kerja)

4.3. Beban pada Poros

Poros dapat menerima berbagai jenis beban secara bersamaan:

- Torsi → menyebabkan puntir (bab 3)

- Beban radial (lentur) → dari roda gigi, puli
- Beban aksial (tekan/tarik) → dari kopling atau beban dorong



4.4. Tegangan pada Poros

Tegangan utama pada poros adalah:

- Tegangan geser akibat torsi

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

- Tegangan lentur akibat beban radial

$$\sigma = \frac{M \cdot c}{I}$$

Gabungan tegangan ini dianalisis menggunakan teori kegagalan seperti *Maximum Shear Stress Theory* (Tresca) atau *Distortion Energy Theory* (von Mises).

4.5. Diameter Poros

Menentukan diameter poros adalah kunci agar tegangan tidak melebihi batas yang diizinkan. Untuk torsi murni:

$$d = \left(\frac{16 \cdot T}{\pi \cdot \tau_{izin}} \right)^{\frac{1}{3}}$$

Untuk beban kombinasi, diameter diperoleh dari perhitungan lebih kompleks yang melibatkan momen lentur dan torsi secara simultan (teori kegagalan).

4.6. Sambungan pada Poros

Poros biasanya dilengkapi sambungan dengan:

- Pasak (*key/keyway*) → untuk mengunci puli atau roda gigi.
- Ulir (*threads*) → untuk mur pengikat.
- Penyekat dan bantalan (*seals and bearings*) → mencegah kebocoran dan menopang putaran.

4.7. Defleksi Poros

Poros juga dapat melengkung akibat momen lentur. Perlu dihitung defleksi maksimum agar tetap dalam batas yang diperbolehkan, terutama pada sistem presisi seperti mesin CNC atau alat panen otomatis.

Metode yang digunakan termasuk:

- Metode double integration
- Diagram momen–laju–sudut–defleksi
- Software elemen hingga (FEA)

4.8. Aplikasi di Teknik Pertanian

Contoh penggunaan poros:

- Poros utama alat pemipil jagung
- Poros pengaduk kompos otomatis
- Poros PTO untuk pemotong rumput

Kondisi lapangan yang kasar menuntut poros yang tahan torsi, beban dinamis, dan kelembaban tinggi. Oleh karena itu, material seperti baja karbon dan baja paduan dengan perlakuan panas digunakan.

4.9. Contoh Soal

Contoh 1

Poros bulat padat diberi torsi 400 N·m. Jika tegangan geser maksimum yang diizinkan adalah 50 MPa, berapa diameter minimal poros?

$$d = \left(\frac{16 \cdot T}{\pi \cdot \tau} \right)^{1/3} = \left(\frac{16 \cdot 400}{\pi \cdot 50 \times 10^6} \right)^{1/3} = 0,0326 \text{ m} = 32,6 \text{ mm}$$

Contoh 2

Hitung momen lentur maksimum pada poros yang menopang roda gigi dengan gaya 500 N di tengah bentang 1,2 m!

$$M = \frac{F \cdot L}{4} = \frac{500 \cdot 1,2}{4} = 150 \text{ N} \cdot \text{m}$$


4.10. Latihan Mandiri

1. Hitung diameter poros untuk torsi 600 N·m dan tegangan geser izin 60 MPa.
2. Sebuah poros menerima gaya radial 700 N dan torsi 300 N·m. Hitung tegangan gabungannya.
3. Jelaskan fungsi *keyway* dan bagaimana pengaruhnya terhadap konsentrasi tegangan.
4. Sebutkan alasan poros diberi perlakuan panas (*heat treatment*).
5. Gambarkan diagram gaya-gaya yang bekerja pada poros sistem PTO.

4.11. Rangkuman

- Poros menyalurkan daya rotasi dan menerima kombinasi beban
- Perancangan diameter poros mempertimbangkan tegangan geser dan lentur

- Sambungan seperti keyway perlu dianalisis sebagai titik lemah
- Poros dalam alat pertanian harus dirancang untuk kondisi kerja ekstrem

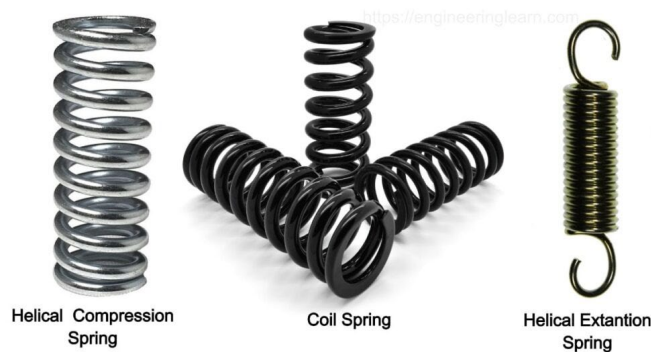
4.12. Referensi

1. Juvinall & Marshek (2012). *Fundamentals of Machine Component Design*. Wiley.
2. Budynas & Nisbett (2014). *Shigley's Mechanical Engineering Design*, 10th ed.
3. Khurmi & Gupta (2005). *Machine Design*. Eurasia Publishing.
4. Spotts, M.F. & Shoup, T.E. (2003). *Design of Machine Elements*. Pearson.

BAB V. PEGAS (*SPRINGS*)

5.1. Pengantar

Pegas adalah elemen mekanik elastis yang digunakan untuk menyimpan energi, meredam guncangan, atau menghasilkan gaya dalam sistem mekanis. Dalam mesin pertanian maupun kendaraan, pegas banyak digunakan pada sistem suspensi, kopling, dan pengatur tekanan.



Jenis pegas yang paling umum adalah pegas spiral (*helical spring*), namun ada pula pegas daun, pegas cakram, dan pegas torsi. Dalam bab ini, kita akan fokus pada pegas spiral silinder, terutama pegas tekan dan pegas tarik.

5.2. Fungsi Pegas dalam Sistem Mekanik

Beberapa fungsi utama pegas:

- Menyerap energi dari guncangan atau beban dinamis
- Menjaga kontak antara komponen (misal: katup mesin)
- Menyediakan gaya penekan atau penarik konstan
- Mengatur tekanan dalam sistem fluida atau mekanik

Contoh aplikasi di teknik pertanian:

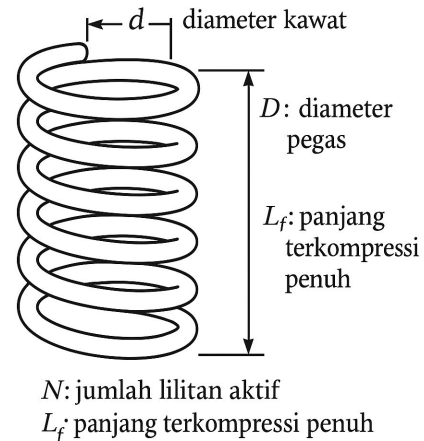
- Suspensi roda kendaraan pertanian
- Tuas pengatur tekanan benih

- Penekan sabuk (belt tensioner) mesin panen

5.3. Parameter Desain Pegas Spiral

Pegas spiral silinder memiliki beberapa parameter penting:

- d : diameter kawat pegas
- D : diameter tengah pegas
- N : jumlah lilitan aktif
- G : modulus geser bahan
- L_f : panjang saat terkompresi penuh



5.4. Gaya dan Defleksi Pegas

Hubungan gaya F , defleksi δ , dan kekakuan pegas k :

$$F = k \cdot \delta$$

Dengan kekakuan k dihitung:

$$k = \frac{G \cdot d^4}{8 \cdot D^3 \cdot N}$$

Keterangan:

- G : modulus geser material (Pa)
- d : diameter kawat
- D : diameter pegas rata-rata
- N : jumlah lilitan aktif

Pegas bekerja baik jika tidak melebihi tegangan geser maksimum yang diizinkan.

5.5. Desain Pegas dalam Aplikasi Teknik Pertanian

Dalam sistem pertanian, desain pegas harus mempertimbangkan:

- Lingkungan kerja (debu, lumpur, getaran)
- Beban siklik tinggi (mesin panen)
- Korosi (penggunaan baja tahan karat atau pelapisan)

Desain pegas juga mempertimbangkan:

- Life cycle (umur kelelahan)
- Kompresi maksimum
- Ruang terbatas

5.6. Contoh Soal

Contoh 1

Sebuah pegas spiral dari baja dengan $G = 80 \text{ GPa}$, diameter kawat $d = 5 \text{ mm}$, diameter tengah $D = 40 \text{ mm}$, dan jumlah lilitan aktif $N = 10$. Hitung kekakuan pegas k !

$$k = \frac{80 \times 10^9 \cdot (5 \times 10^{-3})^4}{8 \cdot (0.04)^3 \cdot 10} = 312.5 \text{ N/m}$$

Contoh 2

Jika gaya maksimum 300 N diterapkan pada pegas dengan diameter kawat 6 mm dan diameter pegas 48 mm, berapa tegangan geser maksimumnya?

$$\tau = \frac{8 \cdot F \cdot D}{\pi \cdot d^3} = \frac{8 \cdot 300 \cdot 0.048}{\pi \cdot (0.006)^3} \approx 339 \text{ MPa}$$

5.7. Latihan

1. Hitung kekakuan pegas dengan $d = 4 \text{ mm}$, $D = 30 \text{ mm}$, $N = 12$, $G = 77 \text{ GPa}$
2. Jika defleksi maksimum yang diizinkan adalah 20 mm dan $k = 300 \text{ N/m}$, berapa gaya maksimum?
3. Jelaskan kelebihan dan kekurangan pegas daun dibanding pegas spiral
4. Sebutkan minimal 3 alat pertanian yang menggunakan pegas
5. Gambar dan beri keterangan komponen-komponen utama pada pegas tekan

5.8. Rangkuman

- Pegas menyimpan energi dan memberi gaya elastis
- Pegas spiral didesain berdasarkan kekakuan, jumlah lilitan, dan dimensi
- Tegangan geser dan faktor koreksi Wahl perlu diperhatikan
- Pegas umum dipakai pada sistem pertanian dengan kondisi ekstrem

5.9. Referensi

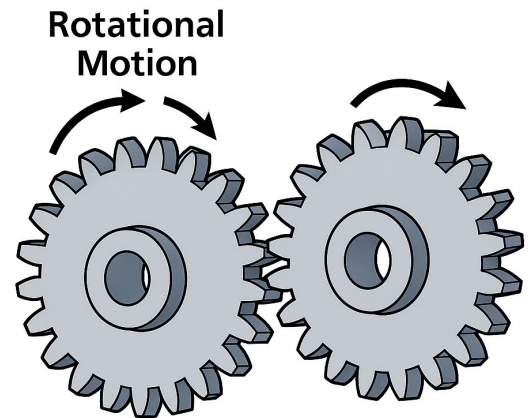
1. Budynas & Nisbett (2014). *Shigley's Mechanical Engineering Design*
2. Juvinall & Marshek (2012). *Fundamentals of Machine Component Design*
3. Khurmi & Gupta (2005). *A Textbook of Machine Design*
4. Spotts & Shoup (2003). *Design of Machine Elements*

BAB VI. RODA GIGI (GEARS)

5.1. Pengantar

Roda gigi (*gear*) adalah elemen mesin yang digunakan untuk mentransmisikan daya dan gerak rotasi antara dua poros. Tidak seperti sabuk atau rantai, roda gigi memberikan hubungan mekanis tanpa selip, menghasilkan transmisi daya yang efisien dan presisi.

Dalam bidang teknik pertanian, roda gigi banyak digunakan dalam traktor, mesin pemanen, alat tanam, dan peralatan pengolahan tanah. Roda gigi tidak hanya mentransmisikan putaran tetapi juga mengubah besar torsi dan kecepatan putar.



Spur Gears

6.2. Fungsi Roda Gigi

Roda gigi memiliki beberapa fungsi utama:

- Mentrasmisikan daya antar poros
- Mengubah arah gerak rotasi
- Mengatur perbandingan kecepatan putaran (rasio gigi)
- Meningkatkan atau menurunkan torsi

6.3. Jenis-Jenis Roda Gigi

1. *Spur Gear* (Gigi Lurus)

- Umum digunakan, gigi sejajar dengan sumbu poros
- Cocok untuk kecepatan sedang dan beban sedang

2. *Helical Gear* (Gigi Miring)

- Gigi miring membentuk sudut terhadap poros

- Lebih halus, cocok untuk beban besar

3. *Bevel Gear* (Gigi Kerucut)

- Poros bertemu pada sudut tertentu (biasanya 90°)
- Digunakan pada alat dengan arah rotasi berubah

4. *Worm Gear* (Gigi Cacing)

- Cocok untuk rasio reduksi tinggi dan kecepatan rendah
- Sering digunakan di pengatur kecepatan alat

6.4. Terminologi Dasar Roda Gigi

Beberapa istilah penting yang digunakan dalam desain roda gigi:

- *Pitch circle*: lingkaran teoritis tempat pertemuan gigi
- *Pitch diameter (d)*: diameter lingkaran pitch
- *Module (m)*: perbandingan pitch diameter dengan jumlah gigi

$$m = \frac{d}{z}$$

- *Number of teeth (z)*: jumlah gigi
- *Addendum*: tinggi gigi di atas pitch circle
- *Dedendum*: tinggi gigi di bawah pitch circle
- *Gear ratio*:

$$i = \frac{z_2}{z_1} = \frac{n_1}{n_2}$$

6.5. Rasio Roda Gigi

Rasio roda gigi menentukan perbandingan kecepatan antara gear penggerak (driver) dan gear yang digerakkan (driven):

$$\text{Rasio} = \frac{\text{Jumlah Gigi Driven}}{\text{Jumlah Gigi Driver}}$$

Contoh:

- Driver: 20 gigi
 - Driven: 40 gigi
- Rasio = 2:1 (kecepatan berkurang setengah, torsi meningkat 2x)

6.6. Gaya dan Efisiensi

Gaya yang bekerja pada gigi:

- Gaya tangen: mentransmisikan daya
- Gaya radial: mendorong gear keluar dari sumbu
- Gaya aksial: hanya pada gigi miring atau bevel

Efisiensi roda gigi tergantung jenisnya. Gear heliks dan *worm* memiliki gesekan lebih tinggi, namun lebih halus dan senyap.

6.7. Aplikasi Roda Gigi di Mesin Pertanian

- Transmisi traktor (*gearbox*)
- Penggerak alat tanam otomatis
- Sistem kemudi mesin panen
- Pengatur kecepatan pengaduk pupuk kompos

Roda gigi dalam mesin pertanian harus:

- Tahan beban kejut
- Tahan aus di lingkungan berdebu atau berlumpur
- Memiliki pelumasan yang baik

6.8 Contoh Soal

Contoh 1

Dua roda gigi lurus memiliki 24 gigi dan 72 gigi. Jika gear kecil berputar 1500 rpm, berapa putaran gear besar?

$$n_2 = \frac{z_1}{z_2} \cdot n_1 = \frac{24}{72} \cdot 1500 = 500 \text{ rpm}$$

Contoh 2

Sebuah spur gear dengan 30 gigi dan modul 2 mm, berapa pitch diameter-nya?

$$d = m \cdot z = 2 \cdot 30 = 60 \text{ mm}$$

6.9. Latihan

1. Sebuah bevel gear memiliki 20 dan 40 gigi. Jika poros input berputar 1000 rpm, berapa rpm output?
2. Hitung gaya tangen dan gaya radial pada spur gear dengan torsi 80 Nm dan diameter pitch 0,1 m
3. Jelaskan keuntungan penggunaan helikal gear dibanding spur gear
4. Buatlah gambar dan label bagian-bagian utama roda gigi
5. Sebutkan 3 aplikasi roda gigi di mesin pertanian dan jelaskan perannya

6.10. Rangkuman

- Roda gigi mentransmisikan daya dan gerakan dengan efisiensi tinggi
- Jenis roda gigi meliputi spur, helical, bevel, dan worm gear
- Rasio roda gigi mengatur kecepatan dan torsi
- Desain roda gigi mempertimbangkan kekuatan, gaya, dan efisiensi
- Mesin pertanian mengandalkan roda gigi untuk kerja presisi di medan berat

6.11. Referensi

1. Budynas & Nisbett (2014). *Shigley's Mechanical Engineering Design*
2. Juvinall & Marshek (2012). *Fundamentals of Machine Component Design*
3. Spotts & Shoup (2003). *Design of Machine Elements*
4. Khurmi & Gupta (2005). *A Textbook of Machine Design*

BAB VII. UJIAN TENGAH SEMESTER

7.1. Deskripsi

Ujian Tengah Semester (UTS) merupakan bentuk evaluasi untuk mengukur sejauh mana mahasiswa memahami materi kuliah dari pertemuan minggu ke-1 hingga minggu ke-6.

Materi yang diujikan meliputi:

1. Pendahuluan Mekanika Mesin
2. Tegangan Sederhana (*Simple Stress*)
3. Tegangan Puntir (*Torsional Stress*)
4. Poros
5. Pegas
6. Roda Gigi

7.2. Format Ujian

- Jumlah soal: 20 soal
- Jenis soal: Seluruhnya bentuk esai/perhitungan
- Durasi: 100 menit
- Metode pelaksanaan: Luring (tatap muka)
- Bobot: 30% dari nilai akhir

7.3. Petunjuk Belajar

- Kuasai semua rumus dan konsep dasar mekanika mesin
- Latih menyelesaikan soal hitungan teknis (tegangan, torsi, defleksi, rasio gear)
- Pahami istilah-istilah teknis dan satuan yang digunakan
- Tinjau ulang contoh soal dan latihan di tiap bab
- Perhatikan ilustrasi dan parameter desain komponen mesin

7.4. Ketentuan Pelaksanaan

- Mahasiswa hadir tepat waktu
- Wajib membawa alat tulis dan kalkulator
- Tidak diperbolehkan menggunakan HP atau alat elektronik lainnya
- Jawaban harus ditulis tangan dan disusun rapi

7.5. Kisi-Kisi Ujian

No.	Materi	Bentuk Soal	Indikator Kemampuan
1.	Pendahuluan & peran mekanika mesin	<i>Essay</i>	Menjelaskan peran mekanika mesin dalam sistem teknik pertanian
2.	Tegangan & regangan	<i>Essay/perhitungan</i>	Menghitung tegangan tarik/tekan dan regangan pada batang
3.	Tegangan puntir & torsi	<i>Essay/perhitungan</i>	Menghitung torsi dan tegangan geser pada batang silinder
4.	Poros	<i>Essay/perhitungan</i>	Menganalisis beban gabungan dan mencari tegangan maksimum pada poros
5.	Pegas	<i>Essay/perhitungan</i>	Menghitung kekakuan, defleksi, dan tegangan pada pegas spiral
6.	Roda Gigi	<i>Essay/perhitungan</i>	Menghitung rasio roda gigi dan kecepatan rotasi pada sistem gear